

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
НОВОТРОИЦКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра металлургических технологий и оборудования

Д.Р. Ганин

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Учебное пособие

для студентов направления подготовки бакалавров
15.03.02 Технологические машины и оборудование
всех форм обучения

Новотроицк, 2021

УДК 621.01
ББК 30.4-02
Г 19

Рецензенты:

*Доцент кафедры механики
ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова», к.т.н.
М.В. Харченко*

*Доцент кафедры металлургических технологий и оборудования
Новотроицкого филиала ФГАОУ ВО НИТУ «МИСиС»
А.Ю. Фукс*

Ганин Д.Р. Основы проектирования: учебное пособие для студентов направления подготовки бакалавров 15.03.02 Технологические машины и оборудование всех форм обучения. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2021. – 128 с.

Рассмотрены роль проектно-конструкторских организаций в решении задач создания и развития металлургического производства, понятия «проектирование» и «конструирование», приведены сведения о проектных стадиях разработки изделия, расчетах при проектировании, методах проектирования, патентно-лицензионном поиске, автоматизированном проектировании, экономических основах проектирования и конструирования машин и др.

Учебное пособие составлено в соответствии с требованиями ОС ВО НИТУ «МИСиС» для бакалавров направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование и может быть полезно при изучении дисциплины «Основы проектирования».

Рекомендовано Методическим советом НФ НИТУ «МИСиС»

© Новотроицкий филиал
ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский технологический
университет «МИСиС», 2021.

Содержание

Введение.....	4
1 Значение конструкторских и проектных организаций в решении задач создания и развития металлургического производства.....	6
2 Анализ понятий «проектирование» и «конструирование».....	9
3 Техническое задание и его анализ.....	12
4 Техническое предложение.....	16
5 Эскизный проект. Варианты разработок и выбор оптимального варианта.....	23
6 Технический проект.....	32
7 Разработка рабочей конструкторской документации.....	42
8 Расчеты при проектировании.....	49
9 Общие сведения о методах проектирования. Эвристические методы. Экспериментальные методы. Формализованные методы. Методы конструирования.....	53
10 Принципы и методика проектирования оборудования. Конструкторская документация.....	58
11 Патентно-лицензионный поиск.....	66
12 Общие правила конструирования.....	72
13 Автоматизированное проектирование.....	76
14 Экономические основы проектирования и конструирования машин.....	82
15 Унификация конструктивных элементов. Унификация деталей. Принцип агрегатности. Устранение подгонки.....	88
16 Пути обеспечения качества разрабатываемых изделий.....	91
17 Конструирование литых деталей.....	95
18 Конструирование сварных соединений.....	100
19 Конструирование штампованных деталей.....	105
20 Количественная оценка технологичности конструкторских изделий. Последовательность и содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия.....	107
21 Ошибки при конструировании.....	112
22 Качества, которыми должен обладать конструктор.....	118
23 Рекомендуемый перечень литературы для самостоятельного изучения.....	126
Список использованных источников.....	127

Введение

Проектирование наряду с конструированием является основным видом инженерной деятельности и наиболее творческим процессом в создании материальных ценностей.

Продуктом проектно-конструкторской деятельности является проект, под которым подразумевается документированная информация о техническом объекте, то есть описание технического объекта, содержащее информацию:

- необходимую и достаточную для его изготовления, использования по назначению, технического обслуживания, утилизации;

- выраженную в форме, принятой в соответствующей предметной области деятельности (например, в машиностроении в форме чертежей и другой конструкторской документации).

Проектирование и конструирование служат одной цели – разработке нового изделия, которым называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Под изделием подразумеваются все объекты материального производства и их составные части, машины, технологическое оборудование, механизмы, функциональные системы и др. Элементы конструирования приходится использовать многим работникам, связанным с техникой. Они необходимы не только проектировщикам и конструкторам, но и молодым рабочим для инициативного выполнения своих функциональных обязанностей и быстрого технического роста. Научным работникам знания элементов конструирования необходимы при разработке ими испытательных стендов и схем новых приборов.

В связи с этим, вытекает необходимость в получении студентами знаний, умений и навыков в области проектно-конструкторской деятельности. Изучение теоретических основ и методов проектно-конструкторских работ – необходимая ответственная часть обучения бакалавров по профилю направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

В настоящем учебном пособии рассмотрена роль проектно-конструкторских организаций в решении задач создания и развития металлургического производства, проанализированы понятия «проектирование» и «конструирование», приведены сведения о проектных стадиях разработки изделия, расчетах при проектировании, методах проектирования, патентно-лицензионном поиске, автоматизированном проектировании, экономических основах проектирования и конструирования машин и др.

При изучении дисциплины «Основы проектирования» обучающиеся приобретают знания, умения и навыки по следующим компетенциям: ПК-2.2 (знать принципы конструирования металлургических машин, содержание и стадии раз-

работки конструкторской документации; уметь оформлять законченные проектно-конструкторские работы средствами автоматизированного проектирования; владеть навыками разработки рабочей проектной и технической документации на изделия металлургического машиностроения); ПК-3.1 (знать конструкции аппаратов и машин металлургического процесса, способы выполнения кинематических, силовых и прочностных расчетов механического оборудования; уметь конструировать узлы машин требуемого назначения с учетом обеспечения технологичности, экономичности, ремонтпригодности, стандартизации и унификации; владеть навыками конструирования типового оборудования и оформления проектно-конструкторской документации); ПК-3.3 (знать состояние и перспективы развития деталей узлов и машин и механизмов, основные критерии работоспособности деталей машин и виды их отказов); ПСК-1 (знать прогрессивные конструктивные и технические решения, используемые при проектировании металлургических машин и оборудования; уметь выявлять достоинства и недостатки конструкции, предлагать и обосновывать варианты совершенствования металлургических машин и оборудования, владеть навыками расчета и проектирования металлургических машин и оборудования различного технологического назначения); ПСК-3 (знать принцип работы, технические характеристики и особенности эксплуатации систем автоматизированного управления металлургических машин и оборудования; уметь выполнять оценку технологической машины (агрегата) с позиций возможности реализации функции цели управления, обосновать необходимость и путь модернизации по соображениям эффективности управления; владеть навыками разработки функциональной схемы системы управления, методами оценки эффективности работы технологической машины с позиции достижения целей управления.

1 Значение конструкторских и проектных организаций в решении задач создания и развития металлургического производства

Как специализированная отрасль металлургическое машиностроение в СССР начало создаваться после 1925 г. [1]. В 1926 г. был создан «Государственный институт по проектированию металлургических заводов» (Гипромез), что имело огромное значение для успешного осуществления программы строительства новых металлургических заводов. В 1932 г. на «Ижорском заводе» в г. Колпино были изготовлены два первых советских блюминга для металлургических заводов в Макеевке и Днепродзержинске.

В это же время был реконструирован «Старокраматорский машиностроительный завод», ставший первым в Советском Союзе специализированным предприятием по изготовлению отделочного оборудования для прокатных станов, построен «Иркутский завод тяжелого машиностроения», вошел в состав отрасли «Днепропетровский завод металлургического оборудования».

В конце 1932 г. были введены в действие первые агрегаты на «Магнитогорском металлургическом комбинате», «Кузнецком металлургическом комбинате». В 1934 г. был осуществлен пуск «Новолипецкого металлургического комбината», в 1940 г. – «Нижнетагильского металлургического комбината».

В годы войны на востоке страны вступили в строй новые заводы, в том числе «Челябинский металлургический комбинат» (первая плавка электростали была выполнена в апреле 1943 г.), «Кузнецкий завод ферросплавов» и другие.

В послевоенные и последующие годы вступили в строй Череповецкий, Орско-Халиловский, Западно-Сибирский металлургические комбинаты и другие предприятия отрасли.

В 1932 г. было изготовлено 6,9 тыс. т. металлургического оборудования (почти в 3,5 раза больше чем в 1913 г.). В 1933-1934 гг. построены «Уральский завод тяжелого машиностроения» (УЗТМ) и «Новокраматорский машиностроительный завод», с вводом которых в эксплуатацию возросло производство агломерационного, доменного, сталеплавильного, прокатного оборудования. В 1937 г. производство металлургического оборудования увеличилось более чем в 2,6 раза в сравнении с 1932 г., достигнув 18,4 тыс. т.

Еще три завода металлургического машиностроения: «Алма-Атинский завод тяжелого машиностроения» (АЗТМ), «Южно-Уральский машиностроительный завод» (ЮУМЗ), «Электростальский завод тяжелого машиностроения» (ЭЗТМ) были построены в 1941-1945 гг. В 1958 г. был построен завод тяжелого машиностроения «Азовмаш» в г. Мариуполе.

Общий объем металлургического производства в СССР в 1973 г. составил более 345 тыс. т. и вырос в сравнении с 1932 г. в 50 раз.

Для обеспечения разработки конструкций металлургических машин с учетом новейших достижений науки и техники в 1945 г. в г. Москве было организовано «Центральное конструкторское бюро металлургического машиностроения», реорганизованное в 1959 г. во «Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт металлургического машиностроения» (ВНИИМЕТМАШ) [1]. Под руководством выдающегося ученого, конструктора и педагога А.И. Целикова (1904-1984) ВНИИМЕТМАШ стал ведущим институтом металлургического машиностроения: на машинах и агрегатах, созданных с участием конструкторов и ученых ВНИИМЕТМАША в странах СНГ в 2004 г. производилось 80% конверторной стали; до 70% проката; до 50% горячекатаных труб, до 30% сварных труб; более 90% алюминиевой катанки.

Наряду с А.И. Целиковым в создание металлургического оборудования большой вклад внесли Г.Л. Химич, Г.Н. Краузе, А.А. Королев, В.М. Нисковских, М.Я. Бровман, Ю.П. Бойко, Ю.М. Айзин и многие другие.

Революцией в металлургии в 60-70 гг. XX века явилось применение выплавки стали в кислородно-конверторных цехах с ее последующей разливкой на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), приоритет разработки конструкции и промышленного внедрения которых принадлежат нашей стране.

Еще перед Великой Отечественной войной, а затем сразу после ее окончания опыты по непрерывной разливке на экспериментальной установке проводились на Московском заводе «Серп и молот» инженером М.Ф. Голдобиним. Позднее в 1951-1955 гг. специалистами черной металлургии под руководством И.П. Бардина и М.С. Бойченко были созданы машины непрерывного литья вертикального типа, начавшие работать на Сормовском, Новотульском, Новолипецком и других металлургических заводах.

При этом благодаря использованию МНЛЗ на «Новолипецком металлургическом комбинате» впервые в мировой практике всю сталь стали разливать непрерывным способом, что позволило исключить парк изложниц и обжимной стан.

Решающим шагом в развитии МНЛЗ стало создание криволинейных МНЛЗ, изготовленных на УЗТМ в 1964-1970 гг. под руководством В.М. Нисковских. При непосредственном участии В.М. Нисковских на «Уралмаше» было изготовлено 36 криволинейных МНЛЗ, работающих на металлургических предприятиях нашей страны, а также в Японии, Финляндии, Македонии, Болгарии, Словакии, Пакистане.

С созданием непрерывной разливки из металлургического цикла исключаются парк изложниц и их подготовка, стрипперное отделение, блюминги и слябинги, их нагревательные средства и заготовочные станы, повышается использование жидкой стали с 65-75 до 92-95%, так как не требуется обрезать для

повторной переплавки некондиционные головную и донную части слитка, получаемого в изложнице.

В настоящее время все шире развивается технология непрерывного литья стали с последующей прокаткой в одном совмещенно агрегате. Такие агрегаты широко применяются при получении катанки и полос из алюминиевых сплавов. Их начинают применять в производстве стального проката. Работниками ВНИИМЕТМАШ, «Электростальского металлургического завода», «Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана» создан первый литейно-прокатный агрегат (ЛПА) для получения сортового проката, состоящий из МНЛЗ, планетарного и калибровочного станов [1]. Совмещенные ЛПА имеют хорошие показатели по энергосбережению, расходу жидкой стали, гибкости выполнения заказов разного марочного состава.

2 Анализ понятий «проектирование» и «конструирование»

Известный английский проектировщик Джонс Крис определяет цель проектирования как «положить начало изменениям в окружающей человека искусственной среде». В лекциях академика РАН Б.В. Литвинова цель проектирования рассматривается как «положить начало изменениям в мире вообще», потому что объектом изменений, который будет рассматриваться в проекте, может быть и естественная среда.

Согласно ГОСТ 34.003-90 под проектированием понимается процесс составления описания, необходимого для создания в заданных условиях еще несуществующего объекта. Таким образом, проектирование – это процесс создания модели оптимального качества несуществующего объекта.

Проектирование является основным видом инженерной деятельности, а продуктом проектной деятельности является проект [2].

В обиходе слово «проект» имеет различные смысловые оттенки. Его используют двояко: в качестве синонима слов «проект», «идея», «замысел», «затя», а также как определенный вид документации.

В зарубежной литературе для обозначения проекта используются два различных слова: «project» и «design». Первое слово применяется, когда имеется в виду что-либо, что задумывается или планируется, например, строительство предприятия, освоение железорудного месторождения, издание учебника, открытие новой специальности [2]. Второе слово используется, когда речь идет о конструировании, о формировании облика различных объектов.

В шестидесятые годы XX века считалось, что проектное и конструкторское направления инженерной деятельности по своему содержанию практически идентичны, дополняют друг друга, выполняются инженерами-конструкторами, имеют общую цель – разработку нового изделия, но с годами постепенно и неуклонно у многих исследователей проблем проектно-конструкторской деятельности стало складываться осознание различия этих направлений.

Согласно другой точке зрения конструирование включает в себя проектирование, а не наоборот, как в первом случае, так как под конструированием понимается создание технического объекта, а под проектированием – только поиск идей.

Согласно третьей точке зрения проектирование предшествует конструированию и заключается в выявлении общественной потребности в изделии, поиске идей, целесообразных методов и принципов действия, в синтезе функциональных структур, возможных вариантов. При проектировании проводятся широкие патентно-информационные изделия, экономико-математическое моделирование, экспериментально-исследовательские работы. А под конструированием пони-

мают разработку конкретной, однозначной конструкции изделия на основе проектирования, где определяются: устройство, состав, взаимное расположение частей и элементов, способ их соединения и взаимодействия с учетом используемых материалов и т.п. Во время конструирования выпускают чертежи сборочных единиц и деталей, разрабатывают другую необходимую для изготовления и эксплуатации изделия документацию.

В настоящее время под проектом технического объекта понимается комплекс технической документации, на основании которого можно определить устройство этого объекта и все необходимые данные по разработке его конструкции, изготовлению, контролю, приемке, испытаниям, эксплуатации и ремонту, а также утилизации. Кроме того, техническая документация должна быть выражена в соответствии с нормами и стандартами, принятыми в соответствующей предметной области (например, в машиностроении в форме чертежей и другой конструкторской документации, оформленных в соответствии со стандартами Единой системы конструкторской документации).

Проектирование и конструирование служат одной цели: разработке нового изделия, которым называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Под изделием подразумеваются все объекты материального производства и их составные части, машины, технологическое оборудование, механизмы, функциональные системы и др.

Типичными целями проектно-конструкторской деятельности являются:

- создание нового технического объекта;
- усовершенствования (модернизации, модификации, реконструкции) существующих технических объектов или отдельных их элементов в том или ином аспекте.

При разработке проекта в составе проектной документации разрабатывается чертежная документация проекта, но ее отличие от конструкторской документации состоит в том, что ее целью является убедить заказчика в реальности и реализуемости проекта. Проектную документацию, как правило, не согласуют столь тщательно с технологическими службами производства. По ней не изготавливается объект проектирования. Это забота конструкторов – выразить представления проекта в чертежах в соответствии с требованиями нормативной документации (стандартов всех уровней, руководящих документов, инструкций и т.п.) и с возможностями производства. Именно через конструкторскую документацию проект становится доступным производству.

Если технический объект несложен или его в состоянии сделать одно предприятие, функции проектной и конструкторской организаций совмещаются в одной организации.

Зачастую бывает так, что проект разрабатывает одна проектная организация, а конструкторскую документацию выпускают разные конструкторские организации. При этом одна из которых является головной. Данная ситуация является типичной для проектов сложных технических объектов, включающих в себя много других технических объектов, функционирующих в разные моменты времени. Чтобы проект сложного технического объекта был эффективен и его можно было бы воплотить в чертежах, необходимо согласование действий и результатов этих действий разных проектно-конструкторских организаций [3].

Обобщая вышеизложенное, исходя из целей проектно-конструкторской деятельности и ее продукта, можно сделать вывод, что эта деятельность представляет собой поиск технической идеи удовлетворения определенной потребности людей, обоснование и воплощение ее в подробное нормированное описание соответствующего технического объекта (соответствующих технических объектов) и технологии его (их) использования.

Проектирование технических объектов представляет собой сложный многостадийный процесс разработки и постепенного уточнения проекта и рабочей документации. Многостадийность проектно-конструкторского процесса свидетельствует о сложности задачи и высоких требованиях к качеству принимаемых технических решений. Для поиска оптимальной формы детали и наилучшего сочетания массы, габаритов, прочности, технологических и других показателей необходимо прорабатывать несколько вариантов конструкции изделия. Для этого разрабатывают варианты компоновки машины (механизма) и ее (его) составных частей. Для приближенной оценки размеров деталей используют проектировочные расчеты, которые затем с учетом компоновочного чертежа и проверочных расчетов по критериям работоспособности уточняют и берут за основу при определении размеров всех элементов детали.

При решении проектно-конструкторской задачи проектные процедуры выполняются во времени, поэтому в процессе проектирования и разработки конструкторской документации выделяют пять этапов (стадий), установленных ГОСТ 2.103-2013, обобщающим накопленный в передовых странах опыт по проектированию машин, приборов и аппаратов, проводимых в определенной последовательности:

- техническое задание;
- техническое предложение;
- эскизный проект;
- технический проект;
- рабочий проект.

3 Техническое задание и его анализ

Первая стадия – *разработка технического задания*, которое является основанием для разработки конструкторской документации.

Это один из наиболее ответственных этапов проектирования, в значительной степени определяющий эффективность разработки, которая не является формальной процедурой, так как уточняется в процессе всего периода разработки изделия. Содержание, общий порядок разработки, согласования и утверждения технического задания устанавливает ГОСТ Р 15.201-2016. Перед началом разработки технического задания формулируют задачу и разрабатывают требования к изделию с ограничениями.

При любой постановке задачи необходимо ответить на три основных вопроса:

- Какой цели должно служить проектируемое изделие?
- Какие обстоятельства, требования и ограничения должны учитываться?
- Какая последовательность действий, приводящих к выполнению этих требований, и чем заканчивается разработка?

При разработке технических требований с ограничениями очень важно указать, является ли данный показатель требованием или пожеланием, которое можно не выполнять, а руководствоваться, например, при оценке вариантов.

Требования могут быть следующих типов:

- жесткие, при которых значение параметра выдерживается жестко;
- жесткие, ограниченные диапазоном, не допускающие выход за определенные границы;
- целевые с ограничениями и без них (степень выполнения этих требований может служить мерой оценки варианта, то есть целевые требования можно выполнять в разной степени);
- необязательные (пожелания), которые в состав требований можно включать или не включать.

Основные показатели должны охватывать все наиболее важные стороны изделия и быть, по возможности, независимыми один от другого. Они могут иерархически разделяться на несколько ступеней (различная значимость) и касаться различных сторон (экономических, технических и др.). Показатели желательно оценивать количественно, но можно и качественно (лучше, хуже), что важно при оценке вариантов.

В зависимости от назначения изделия в состав требований могут входить различные признаки (от размеров до способов утилизации):

- геометрия (размеры, число и др.);
- кинематика (вид и направление движения, скорость, ускорение);

- сила (значение и направление, частота нагружения, деформации, жесткость);
- энергия (мощность, КПД, трение, вентиляция, параметры состояния такие, как давление, температура, влажность, входящая энергия и др.);
- материал (физические и химические свойства основного, вспомогательного и рекомендуемого материала);
- сигнал (вид показателей, входные и выходные сигналы, форма сигнала, контролируемые и передающие приборы);
- безопасность (защитные системы, техника безопасности, окружающая среда);
- эргономика (отношение «человек-машина», учет физиологических возможностей человека, условия обслуживания);
- изготовление (условия изготовления, качество, ограниченность площадей);
- контроль (возможность контроля, особые предписания);
- монтаж (условия монтажа, сборка, фундамент);
- транспортирование (ограничение размеров, грузоподъемность транспортных и подъемных средств, условия доставки);
- использование (уровни шума, износ, условия эксплуатации);
- технический уход (наладка, покраска, смазка, инспекция);
- утилизация (вторичное использование, уничтожение, повторное применение);
- цена (допустимые издержки производства, стоимость инструмента, амортизация и инвестиции);
- срок (окончание разработки, сетевое планирование, срок поставки).

Примерный содержание технического задания изделия машиностроительного производства:

- 1) наименование и область применения;
- 2) основание для разработки;
- 3) цель и назначение разработки;
- 4) источники разработки;
- 5) технические требования:
 - состав изделия;
 - показатели назначения;
 - требования к надежности;
 - требования к технологичности;
 - требования к уровню унификации и стандартизации;
 - требования к безопасности;
 - требования к эстетичности и эргономичности;

- требования к патентной чистоте;
 - требования к составным частям изделия, сырью, исходным и эксплуатационным материалам;
 - условия эксплуатации;
 - требования к маркировке и упаковке;
 - требования к транспортированию и хранению;
 - дополнительные требования;
- б) экономические показатели;
- 7) стадии и этапы разработки;
- 8) порядок контроля и приемки.

Техническое задание в значительной степени охватывает постановку задачи и основные требования к разрабатываемому изделию.

Процедура разработки требований заключается в следующем:

- проводится основательный анализ конкурирующих изделий с выявлением слабых и сильных сторон;
- учитываются техническое задание заказчика, результаты обсуждений специалистов, данные, полученные из различных источников, здравый смысл;
- используется имеющийся опыт.

Пример. Для домкрата наиболее важные требования (это только часть технического задания, которое значительно шире) могут выглядеть так:

1. Должен обслуживаться человеком.
2. Работа при любых погодных условиях, кроме экстремальных.
3. Желательно обеспечить возможность использования и на песчаном грунте.
4. Масса не более 5 кг.
5. Источник энергии – человек.
6. Максимальная прилагаемая человеком сила менее 100 Н.
7. Развиваемая сила - более 5000 Н.
8. Расстояние между опорной и подъемной площадками не более 100 мм.
9. Наибольший размер в собранном состоянии - 500 мм.
10. Объем производства – 10 тысяч в год.
11. Цена на 10% ниже существующей.
12. Желательно использование коррозионностойкого материала для основных деталей.
13. Следует исключить повреждения шасси и защитного покрытия.
14. Желательный срок службы – 20 лет
15. Величина подъема при одном движении (один качок) - 1 мм.
16. Скорость опускания – 2 мм/с.
17. Использование при ремонте стандартных ключей от автомобиля.

18. Смазка консистентная (может быть указан тип смазочного материала) – один раз в год.

Также могут быть установлены ограничения размеров в рабочем состоянии, места хранения (гараж, автомашина) и др.

Разработка исходных основных требований к изделию является весьма важным этапом проектирования, так как служит для дальнейшего уяснения, уточнения и детализации поставленной задачи, используется и дополняется в течении всего процесса конструирования (на любом этапе) и может лежать в основе оптимизации конструкторских решений.

Этот документ содержит наименование и основное назначение объекта, его особенности, в зависимости от которых устанавливают такие показатели, как производительность, надежность и долговечность, массогабаритные, энергетические, показатели качества, экономические показатели и специальные требования заказчика к изделию.

Техническое задание разрабатывают на основе требований заказчика с учётом достижений и технического уровня отечественных и зарубежных конструкций, патентного поиска, результатов научно-исследовательских работ и научного прогноза.

При создании технического объекта (изделия) для последующего внутризаводского использования техническое задание готовится и выдается техническим службам завода заказчиком (производственным подразделением) после утверждения высшим руководством предприятия (главным инженером или техническим директором) в упрощенной форме, принятой на предприятии.

4 Техническое предложение

Вторая стадия – *разработка технического предложения.*

Техническое предложение является первоначальной стадией разработки конструкторской документации по ГОСТ 2.103-2013. Его следует разрабатывать в соответствии с техническим заданием, с целью технического и технико-экономического обоснования разработки конструкторской документации изделия, на основании анализа различных вариантов возможных решений изделий, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий, а также с целью выявления дополнительных или уточненных требований к изделию (технических характеристик, показателей качества и др.), которые не могли быть указаны в техническом задании (выполняется в соответствии с ГОСТ 2.118-2013). Это целесообразно сделать на основе предварительной конструкторской проработки и анализа различных вариантов изделия. Техническое предложение утверждается заказчиком и генеральным подрядчиком. Техническое предложение не распространяется на конструкторскую документацию изделий, разрабатываемых по заказу Министерства обороны.

Основные требования по разработке конструкторской документации технического предложения выполняются по ГОСТ 2.103-2013; учет и хранение – по ГОСТ 2.501-2013; внесение изменений – по ГОСТ 2.503-2013.

Перечень работ, выполняемых на данном этапе проектирования, устанавливается на основе технического задания и определяется разработчиком в зависимости от характера и назначения изделия.

В общем случае при разработке технического предложения следует выполнять следующие работы:

1. Выявление вариантов возможных решений, установление особенностей вариантов (принципов действия, размещения функциональных составных частей и т.п.), их конструкторскую проработку. Глубина такой проработки должна быть достаточной для сравнительной оценки рассматриваемых вариантов.

2. Проверку вариантов на патентную чистоту и конкурентоспособность, оформление заявок на изобретение.

3. Проверку соответствия вариантов требованиям техники безопасности и производственной санитарии.

4. Сравнительную оценку рассматриваемых вариантов. Сравнение следует проводить по показателям качества изделия, например, надежности, экономическим, эстетическим, эргономическим. Сопоставление вариантов может проводиться также по показателям технологичности (ориентировочной удельной трудоемкости изготовления, ориентировочной удельной материалоемкости и др.),

стандартизации и унификации. При этом следует учитывать конструктивные и эксплуатационные особенности разрабатываемого и существующего изделий, тенденции и перспективы развития отечественной и зарубежной техники в данной области, вопросы метрологического обеспечения разрабатываемого изделия (возможности выбора методов и средств измерения).

Если для сравнительной оценки необходимо проверить принцип работы различных вариантов изделия, а также сравнить их по эргономическим и эстетическим показателям, то могут быть изготовлены материальные и (или) разработаны электронные макеты.

5. Выбор оптимального варианта (вариантов) изделия, обоснование выбора, установление требований к изделию (технических характеристик, показателей качества и др.) и к последующей стадии разработки изделия (необходимые работы, варианты возможных решений, которые следует рассмотреть на последующей стадии и др.)

6. Подготовку предложений по разработке стандартов (пересмотр или внесение изменений в действующие стандарты), предусмотренных техническим заданием на данной стадии.

7. Проработку вопросов, обеспечивающих возможность использования конструкторской документации в электронной форме на последующих стадиях разработки.

8. Для структурированного описания функций отдельными составными частями изделия и требованиями к ним и функции целесообразно представлять их в виде функциональной электронной структуры изделия, а представления различных вариантов состава и структуры изделия в виде конструктивной электронной структуры изделия в соответствии с ГОСТ 2.053-2013.

В комплект документов технического предложения следует включать проектные конструкторские документы с литерами «П» в соответствии с ГОСТ 2.102-2013, предусмотренные техническим заданием. Форма представления документов технического предложения (бумажная или электронная), если она не указана в техническом задании, определяется разработчиком. В техническое предложение целесообразно включать конструкторскую документацию в различных формах представления [4].

При выполнении конструкторской документации в электронной форме электронная структура изделия и электронная модель изделия (сборочной единицы, комплекса, комплекта), разрабатываемые по ГОСТ 2.053-2013 и ГОСТ 2.052-2015 соответственно, должны быть выполнены со степенью детализации, соответствующей этой стадии разработки.

Конструкторские документы, разрабатываемые для изготовления материальных макетов по ГОСТ 2.002-2019 или электронных макетов, разрабатываемых

мых для анализа по ГОСТ 2.052-2015, в комплект документов технического предложения включать не следует.

На проверку, согласование и утверждение следует представлять копии документов технического предложения, скомплектованные по ГОСТ 2.102-2013.

Обозначения конструкторских документов, включенных в техническое предложение следует выполнять по ГОСТ 2.201-80 (приложение 1).

В текстовых и графических конструкторских документах сведения большого объема, относящиеся к отдельным вариантам разрабатываемого изделия рекомендуется оформлять таблицей.

В текстовых конструкторских документах большой по объему текст, содержащий различные для различных вариантов сведения, необходимо излагать последовательно для каждого варианта одним из следующих способов:

- в каждом разделе конструкторской документации следует приводить сведения отдельно для каждого варианта, располагая их по подразделам;
- после разделов, содержащих общие для всех вариантов сведения, следует вводить раздел, в котором приводят сведения, характеризующие различия вариантов, располагая текст этого раздела по подразделам.

В конце конструкторской документации может быть помещен раздел или приложение с заголовком «Сравнительная характеристика», где в удобной для сопоставления форме (в виде текста или таблицы) следует приводить обобщенные сравнительные сведения по всем рассматриваемым вариантам.

Формы и правила выполнения текстовых конструкторских документов – по ГОСТ 2.106-2019.

На чертежах и эскизах (изображениях) сведения, относящиеся к различным вариантам, размещают на одном листе или на отдельных листах чертежа или эскиза.

Таблицу составных частей изделия на чертеже общего вида, а также перечень элементов на схеме, в случае если варианты отличаются составными частями, следует выполнять одним из следующих способов:

- в виде одной таблицы, в которой графу «Кол.» следует делить на части по числу вариантов (для вариантов, в которых данная составная часть отсутствует, графу следует прочеркивать);
- в виде отдельных таблиц для каждого варианта.

Наименование варианта, приводимое в таблице, в наименовании подраздела или в заголовке над изображением или таблицей должно быть кратким и содержать сокращенное наименование разрабатываемого изделия и характерную особенность варианта, отличающую его от других вариантов. Допускается при выполнении таблиц обозначать варианты римскими цифрами с соответствующим пояснением в том же конструкторском документе.

В техническом предложении общий вид изделия может быть выполнен в виде бумажного конструкторского документа (чертеж общего вида) и в виде электронной модели сборной единицы, выполненной по ГОСТ 2.052-2015. В общем случае они должны содержать:

- изображения вариантов изделия, текстовую часть и надписи, необходимые для сопоставления рассматриваемых вариантов и установления требований к разрабатываемому изделию, а также позволяющие получить представление о компоновочных и основных конструктивных исполнениях изделия, взаимодействии его основных составных частей и принципе работы;

- наименования, а также обозначения (если они имеются) тех составных частей изделия, для которых необходимо указать данные (технические характеристики, количество и др.) или запись которых необходима для пояснения изображений чертежа общего вида или электронной модели сборочной единицы; описания принципа работы изделия, указания о его составе и др.;

- размеры и другие наносимые на изображение данные (при необходимости);

- схему (электрическую, гидравлическую и др.), если она необходима, но оформлять ее отдельным документом нецелесообразно;

- технические характеристики изделия, если это необходимо для удобства сопоставления вариантов по чертежу общего вида или электронной модели сборной единицы. В этом случае технические характеристики в пояснительной записке можно не приводить, а сделать ссылку на чертеж общего вида или электронную модель сборной единицы. При выполнении чертежа общего вида в форме электронной модели сборной единицы рекомендуется модели отдельных составных частей изделия размещать в отдельных файлах.

Изображения следует выполнять с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами Единой системы конструкторской документации. Допускается также:

- изображать контурными очертаниями любые составные части изделия;

- изображать только те составные части изделия, которые рассматриваются при сопоставлении вариантов;

- не показывать связи между составными частями изделия, если они не рассматриваются при сопоставлении вариантов.

Наименования и обозначения составных частей изделия на чертеже общего вида следует указывать одним из следующих способов:

- на полках линий-выносок;

- в таблице, размещаемой на том же листе, что и изображение изделия.

В этом случае на полках линий-выносок указывают номера позиций составных частей, включенных в таблицу.

Таблица в общем случае должна состоять из граф: «Поз.», «Обозначение», «Наименование», «Кол.», «Дополнительные указания».

В электронной модели сборной единицы наименования и обозначения составных частей изделия рекомендуется указывать на полках линий-выносок.

При выполнении электронной модели сборной единицы рекомендуется применять одновременно отображение электронной структуры изделия вместо таблицы и его электронной модели, обеспечив возможность подсветки (выделения) составной части электронной модели при указании соответствующего элемента электронной структуры изделия.

Элементы чертежа общего вида или электронную модель сборной единицы (номера позиций, текст технических требований, надписи и др.) следует выполнять по правилам, установленным стандартами Единой системы конструкторской документации.

В число обязательных документов технического предложения входят ведомость технического предложения и пояснительная записка.

В ведомость технического предложения следует вносить все конструкторские документы, включенные в техническое предложение, в порядке, установленном ГОСТ 2.106-2019, независимо от того, к какому варианту следует относить конструкторский документ. Допускается в графе «Примечание» указывать соответствующий данному конструкторскому документу вариант. Допускается в техническое предложение включать конструкторские документы в различных формах представления, при этом в графе «Примечание» рекомендуется указывать форму представления конструкторского документа.

Пояснительную записку технического предложения необходимо выполнять по ГОСТ 2.106-2019 с учетом следующих основных требований к содержанию разделов:

- в разделе «Введение» следует указывать наименование, номер и дату утверждения технического задания;

- в разделе «Наименование и область применения проектируемого изделия» следует приводить соответствующие сведения из технического задания, а также сведения, конкретизирующие и дополняющие техническое задание, в частности краткую характеристику области и условий применения изделия, общую характеристику объекта, для применения в котором предназначено данное изделие (при необходимости);

- в разделе «Техническая характеристика» следует приводить:

- основные технические характеристики изделия (мощность, число оборотов, производительность, расход электроэнергии, топлива, коэффициент полезного действия и другие параметры, характеризующие изделие), установ-

ленные техническим заданием, а также характеристики, установленные дополнительно к техническому заданию;

- сведения о соответствии или отклонениях от требований, установленных техническим заданием, с обоснованием отклонений;

- данные сравнения основных характеристик изделия с характеристиками аналогов (отечественных и зарубежных) или ссылкой на карту технического уровня и качества;

- в разделе «Описание и обоснование выбранной конструкции» следует приводить:

- описание и обоснование вариантов изделия, рассматриваемых на данной стадии разработки; при необходимости – иллюстрации или ссылку на электронные макеты (модели);

- сведения о назначении материальных макетов (если они изготавливались), электронных макетов (если они разрабатывались), программу и методику испытаний или анализа (или ссылку на отдельный конструкторский документ – программу и методику испытаний или анализа), результаты испытаний или анализа и данные оценки соответствия макетов заданным требованиям, в том числе эргономике и технической эстетике;

- фотографии материальных макетов (при необходимости);

- обозначения основных конструкторских документов, по которым изготавливались материальные макеты, номера и даты отчетов (или протоколов) по их испытаниям и др. (для справок);

- данные проверки вариантов на патентную чистоту и конкурентоспособность;

- сведения об использовании в данной разработке изобретений, о поданных заявках на новые изобретения, сведения о соответствии вариантов требованиям техники безопасности и производственной санитарии;

- сведения о безопасности изделия и его воздействии на окружающую среду;

- сведения по утилизации изделия;

- в разделе «Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции» следует приводить ориентировочные расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность изделия (расчеты показателей долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости и др.) с указанием средств программного и информационного обеспечения автоматизированных систем (в случае их применения для выполнения расчетов);

- в разделе «Описание организации работ с применением разрабатываемого изделия» следует приводить предварительные сведения об организации работ

с изделием на месте эксплуатации, например, сведения о предполагаемой квалификации и количестве обслуживающего персонала и др.;

- в разделе «Ожидаемые технико-экономические показатели» следует приводить ориентировочные расчеты экономических показателей;

- в разделе «Уровень стандартизации и унификации» следует приводить предварительные сведения о примененных в разрабатываемом изделии стандартных и унифицированных сборочных единицах или электронных моделях.

В конце пояснительной записки следует приводить выявленные в процессе разработки технического предложения дополнительные требования к разработке изделия. В приложении к пояснительной записке следует приводить:

- копию технического задания;
- перечень работ, которые следует провести на последующей стадии разработки изделия (при необходимости);

- материалы художественно-конструкторской проработки, не являющиеся конструкторскими документами;

- перечень использованной литературы и т.п.;

- перечень документов, используемых при разработке технического предложения и получаемых разработчиком изделия от других организаций или предприятий (авторские свидетельства, патенты, отчеты о патентных исследованиях, справки потребителя о необходимом объеме производства разрабатываемых изделий и т.п.); при этом документы в приложении к пояснительной записки не включают, а в содержании записки могут быть приведены необходимые сведения из этих документов, например, предмет изобретения, требуемое количество изделий на квартал, на год, а также номер и дата документа или сопроводительного письма;

- перечень средств программного и информационного обеспечения автоматизированных систем, использованных при разработке технического предложения.

Утверждение технического предложения определяет выбранный вариант решения системы. Затем осуществляется процесс проектирования по схеме:

эскизный проект → технический проект → рабочий проект.

Невыполнение работ, предусмотренных техническим предложением (техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности проектирования, выбор различных вариантов возможных решений, сравнительная оценка решений), может привести к тому, что в основу разработки объекта ляжет не лучшее техническое решение.

5 Эскизный проект. Варианты разработок и выбор оптимального варианта

Третья стадия – *разработка эскизного проекта*, который является проектной стадией разработки конструкторской документации (по ГОСТ 2.103-2013) и его следует разрабатывать в соответствии с техническим заданием с целью установления принципиальных конструктивных решений, дающих общее представление об устройстве, принципах работы и габаритных размерах разрабатываемого изделия, а также данных, определяющих его основные параметры, когда это целесообразно сделать до разработки технического предложения или рабочей конструкторской документации.

На стадии разработки эскизного проекта следует рассматривать варианты изделия и (или) его составных частей. Эскизный проект может разрабатываться без рассмотрения на этой стадии различных вариантов.

Основные требования по разработке конструкторской документации эскизного проекта по ГОСТ 2.103-2013, учет и хранение – по ГОСТ 2.501-2013, внесение изменений – по ГОСТ 2.503-2013.

При разработке эскизного проекта следует выполнять работы, необходимые для обеспечения предъявляемых к изделию требований и позволяющие получить принципиальные решения. Перечень необходимых работ определяет разработчик в зависимости от характера и назначения изделия и согласовывает с заказчиком (представительством заказчика), если изделие разрабатывают по заказам Министерства обороны.

В общем случае при разработке эскизного проекта следует проводить следующие работы:

1. Выполнение вариантов возможных решений, установление особенностей вариантов (характеристики вариантов составных частей и т.п.), их конструкторскую проработку. Глубина такой проработки должна быть достаточной для сопоставления рассматриваемых вариантов.

2. Предварительное решение вопросов упаковки, транспортирования и эксплуатации изделия.

3. Изготовление и испытание материальных макетов и/или разработка и анализ электронных макетов с целью проверки принципов работы изделия и/или его составных частей.

4. Разработку и обоснование технических решений, направленных на обеспечение показателей надежности, установленных техническим заданием и техническим предложением.

5. Оценку изделия на технологичность и правильность выбора средств и методов контроля (испытаний, анализа, измерений).

6. Оценку изделия по показателям стандартизации и унификации.

7. Оценку изделия в отношении его соответствия требованиям эргономики, технической эстетики. При необходимости для установления эргономических и эстетических характеристик изделия и для удобства сопоставления различных вариантов по этим характеристикам изготавливают материальные макеты и (или) разрабатывают электронные макеты.

8. Проверку вариантов на патентную чистоту и конкурентоспособность, оформление заявок на изобретения.

9. Проверку соответствия вариантов требованиям техники безопасности и производственной санитарии.

10. Сравнительную оценку рассматриваемых вариантов, вопросы метрологического обеспечения разрабатываемого изделия (возможности выбора методов и средств измерения). Сравнение проводят по показателям качества изделия (назначения, надежности, технологичности, стандартизации и унификации, экономическим, эстетическим, эргономическим). При этом учитывают конструктивные и эксплуатационные особенности разрабатываемого и существующих изделий, тенденции и перспективы развития отечественной и зарубежной техники в данной области.

11. Выбор оптимального варианта (вариантов) изделия, обоснование выбора; принятие принципиальных решений; подтверждение (или уточнение) предъявляемых к изделию требований (технических характеристик, показателей качества и др.), установленных техническим заданием и техническим предложением, а также определение технико-экономических характеристик и показателей, не установленных техническим заданием и техническим предложением.

12. Выявление на основе принятых принципиальных решений новых изделий и материалов, которые должны быть разработаны другими организациями, составление технических требований к этим изделиям и материалам.

13. Составление перечня работ, которые следует провести на последующей стадии разработки, в дополнение или уточнение работ, предусмотренных техническим заданием и техническим предложением.

14. Проработку основных вопросов технологии изготовления (при необходимости).

15. Подготовку предложений по разработке стандартов (пересмотр и внесение изменений в действующие стандарты), предусмотренных техническим заданием на данной стадии разработки.

16. Проработку вопросов, обеспечивающих возможность использования конструкторской документации в электронной форме на последующих стадиях разработки.

17. Установление особенностей вариантов, сравнительную оценку рассматриваемых вариантов и выбора оптимального варианта (вариантов) изделия целесообразно осуществлять на основе функциональной электронной структуры изделия, а представление и сведения различных вариантов структуры изделия в виде конструктивной электронной структуры изделия – в соответствии с ГОСТ 2.053-2013.

На стадии разработки эскизного проекта не следует повторять работы, приведенные на стадии разработки технического предложения, если они не могут дать дополнительных данных. В этом случае результаты ранее приведенных работ отражают в пояснительной записке.

В комплект конструкторской документации эскизного проекта следует включать проектные конструкторские документы с литерами «Э» в соответствии с ГОСТ 2.102-2013, предусмотренные техническим заданием и/или протоколом рассмотрения технического предложения.

При выполнении конструкторских документов в электронной форме проекты электронной структуры изделия и электронной модели изделия (сборочной единицы, комплекса, комплекта) следует выполнять по ГОСТ 2.053-2013 и ГОСТ 2.052-2015 соответственно со степенью детализации, характерной для этой стадии разработки.

Конструкторские документы, разрабатываемые для изготовления материальных макетов по ГОСТ Р 2.002-2019 или электронных макетов, разрабатываемых по ГОСТ 2.052-2015, в комплект конструкторской документации эскизного проекта не следует включать.

На проверку, согласование и утверждение следует представлять копии конструкторских документов эскизного проекта по ведомости эскизного проекта, скомплектованные в порядке, установленном в ГОСТ Р 2.106-2019. Допускается по согласованию с заказчиком (представительством заказчика) представлять подлинники конструкторских документов эскизного проекта.

Форму представления конструкторских документов эскизного проекта (бумажная или электронная), если она не указана в техническом задании и/или протоколе рассмотрения технического предложения, должен определить разработчик по согласованию с заказчиком (представителем заказчика), если изделие разрабатывают по заказу Министерства обороны. В эскизный проект допускается включать конструкторские документы в различных формах представления.

Обозначение конструкторских документов эскизного проекта следует выполнять по ГОСТ 2.201-80.

Конструкторские документы, содержащие различные варианты изделия следует выполнять по ГОСТ 2.118-2013 в части размещения сведений о различ-

ных вариантах, представление изображений вариантов, построения таблиц, содержащих данные различных вариантов и т.п.

На стадии разработки эскизного проекта общий вид изделия может быть выполнен как бумажный конструкторский документ (чертеж общего вида) или как электронный конструкторский документ (электронная модель сборочной единицы). В общем случае они должны содержать:

- изображения изделия (виды, разрезы, сечения), текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия;

- наименование, а также обозначение (если они имеются) тех составных частей, для которых необходимо указать данные (технические характеристики, количество, сведения о материале, принципе работы и др.) или ссылка на которые необходима для пояснения изображений чертежа общего вида или электронной модели сборной единицы, описания принципа работы изделия, его состава и др.;

- размеры и другие, наносимые на изображение, данные (при необходимости);

- схему (кинематическую, электрическую, гидравлическую и др.), если она необходима, но оформлять ее отдельным конструкторским документом нецелесообразно;

- технические характеристики изделия, если это необходимо для удобства сопоставления вариантов по чертежу общего вида или электронной модели сборной единицы.

Изображения следует выполнять с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами Единой системы конструкторской документации. Составные части изделия, в том числе заимствованные и покупные изделия, изображают с упрощениями (иногда в виде контурных очертаний), если при этом обеспечено понимание конструктивного устройства разрабатываемого изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия.

Отдельные изображения составных частей следует размещать на одном общем листе с изображениями всего изделия или на отдельных (последующих) листах чертежа общего вида. При выполнении электронной модели сборной единицы рекомендуется модели отдельных составных частей размещать в отдельных файлах.

Наименования и обозначения составных частей на чертеже общего вида или электронной модели сборной единицы необходимо указывать одним из следующих способов:

- на полках линий-выносок;

- в таблице, размещаемой на том же листе, что и изображение изделия;

- в таблице, выполненной на отдельных листах формата А4 по ГОСТ 2.301-68 в качестве последующих листов чертежа общего вида. При наличии таблицы на полках линий-выносок указывают номера позиций составных частей, включенных в таблицу. Таблица в общем случае состоит из граф: «Позиция», «Обозначение», «Наименование», «Количество», «Дополнительные указания».

Наименования и обозначения составных частей в таблицу или электронную структуру изделия рекомендуется помещать в следующем порядке:

- заимствованные изделия;
- покупные изделия;
- вновь разрабатываемые изделия.

Элементы чертежа общего вида или электронная модель сборной единицы (номера позиций, технических требований, надписи и др.) выполняют по правилам, установленными стандартами Единой системы конструкторской документации.

В ведомость эскизного проекта следует заносить все конструкторские документы в порядке, установленным ГОСТ Р 2.106-2019, независимо от того, к какому варианту относится конструкторская документация. Допускается в графе «Примечание» указывать соответствующий данному конструкторскому документу вариант. Допускается включать в конструкторский документ в различных формах представления (в бумажной или электронной), при этом в графе «Примечание» рекомендуется указывать форму представления.

Пояснительную записку эскизного проекта следует выполнять по ГОСТ Р 2.106-2019 с учетом следующих основных требований к содержанию разделов:

- в разделе «Введение» следует указывать наименование, номер и дату утверждения технического задания. Если разработка эскизного проекта предусмотрена не техническим заданием, а протоколом рассмотрения технического предложения, то делают запись по типу: «Разработка эскизного проекта предусмотрена техническим предложением...» и указывают номер и дату протокола рассмотрения технического предложения;

- в разделе «Наименование и область применения разрабатываемого изделия» следует приводить соответствующие сведения из технического задания или технического предложения, а также сведения, конкретизирующие и дополняющие техническое задание и техническое предложение, в частности:

- краткую характеристику области и условий применения изделия;
- общую характеристику объекта, для применения в котором предназначено данное изделие (при необходимости);

- в разделе «Техническая характеристика» следует приводить:

- основные технические характеристики изделия (мощность, число оборотов, производительность, расход электроэнергии, топлива, коэффициент

полезного действия и другие параметры, характеризующие изделие);

- сведения о соответствии или отклонениях от требований, установленных техническим заданием и техническим предложением, если оно разрабатывалось, с обоснованием отклонений;

- данные сравнения основных характеристик изделия с характеристиками аналогов (отечественных и зарубежных) или следует давать ссылку на карту технического уровня и качества;

- в разделе «Описание и обоснование выбранной конструкции» следует приводить:

- описание конструкции, обоснование принимаемых на данной стадии принципиальных решений (конструктивных, схемных и др.). При необходимости следует приводить иллюстрации. При выполнении пояснительной записки в виде электронного конструкторского документа допускается приводить ссылку на электронные макеты (модели), выполненные по ГОСТ 2.052-2015;

- сведения о назначении материальных макетов (если они изготавливались), электронных макетов (если они разрабатывались), программу и методику испытаний или анализа (или ссылку на отдельный конструкторский документ – программу и методику испытаний или анализа), результаты испытаний или анализа и данные оценки соответствия макетов заданным требованиям, в том числе эргономики и технической эстетики;

- фотографии материальных макетов (при необходимости);

- обозначения основных конструкторских документов, по которым изготавливались материальные макеты или разрабатывались электронные макеты, номер и дату отчетов (или протоколов по испытаниям, анализу и др.);

- сведения о технологичности конструкции изделий;

- данные проверки принятых решений на патентную чистоту и конкурентоспособность;

- сведения об использовании в данной разработке изобретений, о поданных заявках на новые изобретения;

- сведения о соответствии изделия требованиям техники безопасности и производственной санитарии;

- предварительные сведения об упаковке и транспортировании изделия (при необходимости);

- технические требования к применяемым в разрабатываемом изделии покупным изделиям и материалам, которые должны разрабатываться другими организациями (такие технические требования могут быть приведены в приложении к пояснительной записке);

- сведения о соответствии применяемых в изделии заимствованных составных частях, покупных изделий и материалов разрабатываемому изделию

по техническим характеристикам, режимам работы, гарантийным срокам, условиям эксплуатации;

- основные вопросы технологии изготовления изделий;

- сведения о безопасности изделия и о его воздействии на окружающую среду;

- сведения по утилизации изделия;

- в разделе «Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции» следует приводить:

- ориентировочные расчеты, подтверждающие работоспособность изделия (кинематические, электрические, тепловые, расчеты гидравлических систем и др.);

- ориентировочные расчеты, подтверждающие надежность изделия (расчеты показателей безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости и др.). При большом объеме расчетов они могут быть оформлены в виде самостоятельных конструкторских документов, при этом в данном разделе приводят только результаты расчетов. Для каждого вида расчетов указывают средства программного и информационного обеспечения автоматизированных систем (в случае их применения для выполнения расчетов);

- в разделе «Описание организации работ с применением разрабатываемого изделия» следует приводить предварительные сведения об организации работ с изделием на месте эксплуатации, в том числе:

- описание приемов и способов работы с изделием в режимах и условиях, предусмотренных техническим заданием;

- описание порядка и способов хранения, транспортирования, монтажа изделия и ввода его в действие на месте эксплуатации, а также обслуживания при хранении, транспортировании и монтаже;

- сведения о квалификации и количестве обслуживающего персонала;

- в разделе «Ожидаемые технико-экономические показатели» следует приводить ориентировочные расчеты экономических показателей;

- в разделе «Уровень стандартизации и унификации» следует приводить предварительные сведения по использованию в разрабатываемом изделии стандартных, унифицированных, заимствованных сборочных единиц и деталей.

В приложении к пояснительной записке следует приводить:

- копию технического задания;

- при необходимости – перечень работ, которые следует провести на последующей стадии разработки изделия;

- материалы художественно-конструкторской проработки, не являющиеся конструкторскими документами;

- перечень использованной литературы и т.п.;

- перечень документов, используемых при разработке эскизного проекта и получаемых разработчиком изделий от других организаций (авторские свидетельства, отчет о патентных и исследованиях, справки потребителей о необходимом объеме производства разрабатываемых изделий и т.п.). При этом документы в приложение к пояснительной записке не следует включать, но в пояснительной записке могут быть приведены необходимые сведения из этих документов (например, предмет изобретения, потребные количества изделий на квартал, на год, на пятилетку), а также номер и дата документа или сопроводительного письма;

- перечень средств программного и информационного обеспечения автоматизированных систем, использованных при разработке эскизного проекта.

При эскизном проектировании в отличие от этапа технического предложения, расчеты выполняются по более уточненным данным и методикам. Если расчеты подтверждают экономический эффект, определенный на стадии разработки технического предложения, то принимается решение о продолжении разработки. В противном случае нужно внести в него изменения.

В ходе выполнения эскизного проекта совместно работают проектанты, технологи, материаловеды, специалисты по стандартизации и унификации, расчетчики, снабженцы, производственники, дизайнеры, экономисты. Так инженер-технолог совместно с разработчиком проекта проводят отработку конструкции на технологичность, включающую в себя [4]:

- окончательный выбор рациональной конструктивной схемы;

- принципиальную оценку технологичности основных составных частей;

- выявление составных частей, которые могут быть стандартными или унифицированными;

- выявление составных частей, которые могут быть позаимствованы;

- выявление условий сборки изделия и составных частей;

- выявление номенклатуры используемых конструкционных материалов;

- выявление условий технического обслуживания изделия;

- выявление условий контроля, регулировки и подготовки изделия к функционированию;

- выявление условий подготовки производства и определение основных укрупненных данных для организации технологической подготовки производства;

- выявление новых технологических процессов, требующих технического оснащения и освоения.

Расчет показателей технологичности производится на основе базовых данных, установленных в техническом задании.

На стадии выполнения эскизного проекта продолжают работы по выявлению патентоспособных решений, которые могут появиться в ходе компоновки объекта. Оформляются заявки на изобретение как по устройству, так и по промышленному образцу. Выявляются страны или фирмы-потребители объекта, разрабатываются предложения о патентовании изобретений за границей.

Решаются задачи выбора принципиальных конструктивных решений, дающих общее представление об устройстве и принципе работы изделия.

На этапе эскизного проектирования выполняют приближенные расчеты тех элементов конструкции, которые не влияют существенно на конечные основные показатели проектируемого объекта, сформулированные в техническом задании. Отдельные элементы конструкции могут быть взяты без расчета, если имеются опробованные образцы, близкие к проектируемому. Но и при эскизном проектировании для технико-экономических расчетов, связанных с выбором оптимального варианта, нужна точная оценка параметров, влияющих на конечные результаты. Так, при проектировании механического привода для выбора типа передачи (зубчатой с неподвижными осями, планетарной, червячной и т.д.) необходимо иметь данные которые позволяют найти размеры элементов, определяющих массу и габаритные размеры сравниваемых вариантов с погрешностью, не оказывающей существенного влияния на конечный результат. Такой проект разрабатывают, если это предусмотрено техническим заданием или протоколом рассмотрения технического предложения.

6 Технический проект

Четвёртая стадия – *разработка технического проекта.*

Технический проект в соответствии с ГОСТ 2.120-2013 является проектной стадией разработки конструкторской документации по ГОСТ 2.103-2013. Его следует разрабатывать в соответствии с техническим заданием с целью выявления окончательных технических решений, дающих полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходных данных для разработки рабочей конструкторской документации, когда это целесообразно сделать до разработки рабочей конструкторской документации.

При необходимости технический проект может предусматривать разработку вариантов отдельных составных частей изделия. В этих случаях выбор оптимального варианта осуществляется на основании результатов испытаний материальных макетов или анализа электронных макетов.

Основные требования по разработке технического проекта – по ГОСТ 2.103-2013, учет и хранение по ГОСТ 2.501-2013, внесение изменений – по ГОСТ 2.503-2013.

При разработке технического проекта следует выполнять работы, необходимые для обеспечения предъявляемых к изделию требований и позволяющие получить полное представление о конструкции разрабатываемого изделия, оценить его соответствие требованиям технического задания, технологичности конструкции, степень сложности изготовления, способы упаковки, возможности транспортирования и монтажа на месте эксплуатации, удобство эксплуатации, целесообразность и возможность ремонта и т.п.

Перечень необходимых работ определяет разработчик в зависимости от характера и назначения изделия и согласовывает с заказчиком (представительством заказчика), если изделие разрабатывают по заказам Министерства обороны.

В общем случае при разработке технического проекта выполняют следующие работы:

1. Разработку конструктивных решений изделия и его составных частей.
2. Выполнение необходимых расчетов, в том числе, подтверждающих технико-экономические показатели, установленные техническим заданием.
3. Выполнение необходимых принципиальных схем, схем соединений и др.
4. Разработку и обоснование технических решений, обеспечивающих показатели надежности, установленные техническим заданием и предшествующими стадиями разработки (если эти стадии разрабатывались).
5. Анализ конструкции изделия на технологичность с учетом отзывов организаций (предприятий) – изготовителей промышленного производства в части

обеспечения технологичности в условиях данного конкретного производства, в том числе по использованию имеющегося в организации оборудования, а также учета в данном проекте требований нормативной документации, действующей в организации-изготовителе; выявление необходимого для производства изделий нового оборудования (обоснование разработки или приобретения); разработку метрологического обеспечения (выбор методов и средств измерения).

6. Изготовление и испытание материальных макетов или разработку и анализ электронных макетов.

7. Оценку изделия в отношении его соответствия требованиям экономики, технической эстетики.

8. Оценку возможности хранения, транспортирования, а также монтажа изделия на месте его эксплуатации.

9. Оценку эксплуатационных данных изделия (взаимозаменяемости, удобства обслуживания, ремонтпригодности, устойчивости против воздействия внешней среды, возможности быстрого устранения отказов, контроля качества работы изделия, обеспеченности средствами контроля технического состояния и др.).

10. Окончательное оформление заявок на разработку и изготовление новых изделий (в том числе средств измерения) и материалов, применяемых в разрабатываемом изделии.

11. Проведение мероприятий по обеспечению заданного в техническом задании уровня стандартизации и унификации изделия.

12. Проверку изделия на патентную чистоту и конкурентоспособность, оформление заявок на изобретения.

13. Выявление номенклатуры заимствованных и покупных изделий, согласование применения покупных изделий.

14. Согласование габаритных, установочных и присоединительных размеров с заказчиком (представительством заказчика), если изделие разрабатывают по заказу Министерства обороны, или основным потребителем.

15. Оценку технического уровня и качества изделия.

16. Разработку чертежей проектных конструкторских документов (деталей сборочных единиц, комплектов, комплексов или электронных моделей деталей, сборочных единиц, комплектов, комплексов), если это вызывается необходимостью ускорения выдачи технического задания на разработку специализированного оборудования для их изготовления.

17. Проверку соответствия применяемых решений требованиям техники безопасности и производственной санитарии.

18. Составление перечня работ, которые следует провести на стадии конструкторских документов рабочей документации, в дополнение и (или) уточне-

ние работ, предусмотренных техническим заданием, техническим предложением и эскизным проектом.

19. Подготовку предложений по разработке стандартов (пересмотр или внесение изменений в действующие стандарты), предусмотренных техническим заданием на стадии разработки технического проекта.

20. Подготовку предложений по использованию средств программного и информационного обеспечения автоматизированных систем при разработке рабочей конструкторской документации.

21. Разработка вариантов отдельных составных частей и выбор оптимального варианта на основании результатов испытаний макетов или опытных образцов изделия (при необходимости).

22. Сведения об основных составных частях, применяемых в изделии заимствованных (ранее разработанных) составных частях, покупных изделий и материалов целесообразно оформлять в виде конструктивной электронной структуры изделия в соответствии с ГОСТ 2.053-2013.

При выполнении технического проекта разработчик должен четко представлять функции, выполняемые технически объектом и его элементами и на основании этого сформировать требования к его конструкции. Основным требованием, предъявляемым к техническому объекту, является его работоспособность, которую он должен обеспечивать в течении гарантированного срока эксплуатации, то есть работать надежно и долговечно. В общем случае работоспособность конструкции создаваемого технического объекта определяется глубиной понимания разработчиком его физической сущности, знанием теоретических основ выполнения расчетов, подтверждающих его работоспособность, и опытом создания аналогичных технических решений. Поэтому сложность в обеспечении работоспособности при создании новых, не имеющих аналогов, нестандартных технических объектов заключается в том, что имеющийся у разработчика опыт конструирования может быть использован в ограниченной части, прежде всего, в применении отработанной методики подхода к процессу проектирования. Существующие методики оценки надежности технического объекта свидетельствуют о том, что основным критерием надежности является степень сложности конструкции, определяемая количеством деталей в техническом объекте. Чем проще конструкция, тем она надежнее.

Наиболее эффективными приемами упрощения конструкции являются:

- объединение функций, выполняемых элементами технического объекта;
- разделение сложного элемента технического объекта на составные части и их вынесение полное или частичное из зоны технического объекта, в котором они сосредоточены, в частности из рабочей зоны оборудования;
- целенаправленное, обоснованное применение принципов унификации,

типизации, агрегатирования.

Но и простая конструкция может быть работоспособной, но ненадежной. Для обеспечения фактической надежности работы создаваемого технического объекта разработчик должен мысленно представить и проанализировать последствия возможных изменений в состоянии и положении элементов конструкции (ослабления креплений и износа деталей, отсутствие смазки, поломка деталей, заклинивание механизмов и пр.) и принять меры для их исключения.

Далее необходимо установить ограничения, которые должны быть учтены во время проектирования. К таким ограничениям, как правило, относятся:

- технические критерии оценки технического объекта в части его массы, габаритных размеров, мощности привода;

- место расположения технического объекта или его элементов;

- ограничения, определяемые нормативными документами;

- ограничения, вызванные требованиями техники безопасности и экологии.

Наиболее сложным и ответственным этапом технического проекта является разработка компоновки узлов, механизмов и технического объекта в целом на основании эскизных чертежей, выполненных при поиске технического решения.

На стадии технического проекта не следует повторять работы, проведенные на предыдущих стадиях, если они не могут предоставить дополнительных данных. В этом случае результаты ранее проведенных работ следует отражать в пояснительной записке.

Макеты предназначены для проверки (в необходимых случаях – на объекте заказчика или потребителя) конструктивных и схемных решений разрабатываемого изделия и/или его составных частей, а также для подтверждения окончательно принятых решений.

Необходимость изготовления материальных макетов или анализа электронных макетов устанавливает организация-разработчик (если требуется, то совместно с заказчиком (представительством заказчика), если изделие разрабатывают по заказу Министерства обороны.

Испытания материальных макетов следует проводить в соответствии с программой и методикой испытаний, разработанной по ГОСТ Р 2.106-2019, анализ электронных макетов – по программе и методике, установленной стандартом организации.

В технический проект могут включаться проектные конструкторские документы с литерами «Т» в соответствии с ГОСТ 2.102-2013, предусмотренные техническим заданием и/или протоколом рассмотрения технического предложения или эскизного проекта. При выполнении конструкторского документа в электронной форме проекты электронной структуры изделия и электронной модели изделия (сборочной единицы, комплекса, комплекта), следует выполнять по

ГОСТ 2.052-2015 и ГОСТ 2.053-2013 соответственно со степенью детализации, характерной для стадии разработки технического проекта.

При разработке технического проекта могут быть использованы отдельные проектные конструкторские документы, разработанные на предыдущих стадиях разработки, если эти конструкторские документы соответствуют требованиям, предъявляемым в конструкторской документации технического проекта, если в них внесены изменения с целью обеспечения такого соответствия. Конструкторским документам, включенным в технический проект, следует присваивать литеру «Т».

Конструкторские документы, разрабатываемые для изготовления макетов или анализа электронных макетов включать в конструкторскую документацию технического проекта не следует.

На рассмотрение, согласование и утверждение следует представлять копии проектных конструкторских документов, включенные в технический проект, скомплектованные по «Ведомости технического проекта» в соответствии с ГОСТ Р 2.106-2019. Если изделие разрабатывают по заказу Министерства обороны, допускается по согласованию с заказчиком (представительством заказчика) представлять подлинники проектных конструкторских документов.

Форму представления проектных конструкторских документов (бумажная или электронная), если она не указана в техническом задании и/или протоколах рассмотрения технического предложения или эскизного проекта, должен определять разработчик по согласованию с заказчиком (представительством заказчика), если изделие разрабатывают по заказу Министерства обороны.

Обозначение проектных конструкторских документов, включенных в технический проект, следует выполнять по ГОСТ 2.201-80 (приложение 1).

Чертеж общего вида изделия или электронной модели изделия (сборочной единицы, комплекса, комплекта) следует выполнять по ГОСТ 2.120-2013. Кроме того, в этих конструкторских документах при необходимости приводят:

- указания о выбранных посадках деталей (размеры и предельные отклонения сопрягаемых поверхностей наносят по ГОСТ 2.307-2011):

- технические требования к изделию, например, о применении определенных покрытий, способов пропитки обмоток, методов сварки, обеспечивающих необходимое качество изделия (эти требования должны учитываться при последующей разработке рабочей конструкторской документации);

- технические характеристики изделия, которые необходимы для последующей разработки чертежей или электронных моделей изделия.

В ведомость технического проекта следует записывать все проектные конструкторские документы, включенные в технический проект, в порядке, установленном ГОСТ Р 2.106-2019.

В технический проект допускается включать проектные конструкторские документы в различных формах представления (в бумажной или электронной форме), при этом в графе «Примечание» рекомендуется указывать форму представления конструкторской документации.

Пояснительную записку технического проекта необходимо выполнять по ГОСТ Р 2.106-2019 с учетом следующих основных требований к содержанию разделов:

- в разделе «Введение» следует указывать наименование, номер и дату утверждения технического задания. Если разработка технического проекта предусмотрена не техническим заданием, а протоколом рассмотрения технического предложения или эскизного проекта, то делают запись по типу: «Разработка технического проекта предусмотрена эскизным проектом ...» и указывают номер и дату протокола рассмотрения эскизного проекта;

- в разделе «Назначение и область применения разрабатываемого изделия» следует указывать:

- краткую характеристику области и условий применения изделия;
- общую характеристику объекта, для применения в котором предназначено данное изделие (при необходимости);

- основные данные, которые должны обеспечивать стабильность показателей качества изделия в условиях эксплуатации.

- в разделе «Техническая характеристика» следует приводить:

- основные технические характеристики изделия (мощность, число оборотов, производительность, расход электроэнергии, топлива, коэффициент полезного действия и другие параметры, характеризующие изделие);

- сведения о соответствии или отклонениях от требований, установленных техническим заданием и предыдущими стадиями разработки, если они проводились, с обоснованием отклонений;

- в разделе «Описание и обоснование выбранной конструкции» следует приводить:

- описание и обоснование выбранной конструкции, схем, упаковки (если упаковка предусмотрена) и других технических решений, принятых и проверенных на стадии разработки технического проекта. При необходимости приводят иллюстрации;

- данные сравнения основных характеристик изделия с характеристиками аналогов (отечественных или зарубежных) или ссылку на карту технического уровня и качества продукции;

- оценку технологичности конструкции изделия, в том числе обоснование необходимости разработки или приобретения нового оборудования;

- оценку окончательных технических решений на соответствие тре-

бованиям по обеспечению патентной чистоты и конкурентоспособности;

- сведения об использованных изобретениях (номера авторских свидетельств, патентов или номера заявок на изобретения с указанием даты приоритета);

- результаты испытаний материальных макетов (если они изготавливались), электронных макетов (если они разрабатывались) и данные оценки соответствия макетов заданным требованиям, в том числе эргономики, технической эстетики. При необходимости приводят фотографии материальных макетов. Для справок допускается указывать обозначения основных конструкторских документов, по которым изготавливались материальные макеты или разрабатывались электронные макеты, номер и дату отчетов (или) протоколов по испытаниям, анализу и др.;

- сведения о соответствии применяемых в изделии заимствованных (ранее разработанных) составных частей, покупных изделий и материалов разрабатываемому изделию по техническим характеристикам, режимам работы, гарантийным срокам, условиям эксплуатации;

- обоснование необходимости применения дефицитных изделий и материалов;

- сведения о хранении и транспортировании;

- сведения о соответствии изделия требованиям техники безопасности и производственной санитарии;

- сведения о безопасности изделия и воздействии его на окружающую среду;

- сведения по утилизации изделия;

- в разделе «Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции» следует приводить:

- расчеты, подтверждающие работоспособность изделия (кинематические, электрические, тепловые, прочностные, расчеты гидравлических и пневматических систем и др.);

- расчеты, подтверждающие надежность изделия (расчеты показателей долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости и др.). Для каждого вида расчетов указывают средства программного и информационного обеспечения автоматизированных систем (в случае их применения для выполнения расчетов). При большом объеме расчетов они могут быть оформлены в виде отдельных конструкторских документов; при этом в данном разделе приводят только результаты расчетов;

- в разделе «Описание организации работ с применением разрабатываемого изделия» следует приводить сведения об организации работ с изделием на месте эксплуатации, в том числе:

- описание специфических приемов и способов работы с изделием в режимах и условиях, предусмотренных техническим заданием;
- описание порядка и способов хранения, транспортирования и монтажа изделия и ввода его в действие на месте эксплуатации;
- оценку эксплуатационных данных изделия (взаимозаменяемости, удобства обслуживания, ремонтпригодности, устойчивости против воздействия внешней среды и возможности быстрого устранения отказов);
- сведения о квалификации и количестве обслуживающего персонала;
- в разделе «Ожидаемые технико-экономические показатели» следует приводить:
 - экономические показатели, необходимые расчеты;
 - ориентировочный расчет цены опытного и серийного изделий и затрат на организацию производства и эксплуатацию;
- в разделе «Уровень стандартизации и унификации» следует приводить:
 - сведения о стандартных, унифицированных, заимствованных сборочных единицах и деталях, которые были применены при разработке изделия, а также показатели уровня унификации и стандартизации конструкции изделия;
 - обоснование возможности разработки межгосударственных и национальных стандартов, а также стандартов организации, связанных с разработкой данного изделия, его составных частей и новых материалов.

В приложении к пояснительной записке следует приводить:

- копию технического задания, а также при необходимости данные (технические требования, правила приемки, методы контроля и другие сведения), подлежащие включению в технические условия, если последние на данной стадии не разрабатывались;
- материалы художественно-конструкторской проработки, не являющиеся конструкторскими документами;
- перечень работ, которые проводят на стадии создания рабочей конструкторской документации;
- уточнение или разработку сетевого графика по дальнейшей разработке и внедрению в промышленное производство разрабатываемого изделия;
- перечень используемой литературы и т.п.;
- перечень документов, используемых при разработке технического проекта и получаемых разработчиком изделия от других организаций (авторские свидетельства, патенты, экспертные заключения о патентной чистоте, справки потребителя о необходимом объеме производства разрабатываемых изделий и т.п.); при этом конструкторские документы в приложение к пояснительной записке не включают, но в пояснительной записке могут быть приведены необхо-

димые сведения из этих документов (например, предмет изобретения, требуемое количество изделий на квартал, на год, на пятилетку), а также номер и дата документа или сопроводительного письма;

- перечень средств программного и информационного обеспечения автоматизированных систем, использованных при разработке технического проекта.

В отличие от эскизного проекта на стадии технического проекта все конструктивные решения разрабатываются полностью. При этом техническая документация проекта должна давать не общее, а полное и окончательное представление об устройстве объекта, включая все необходимые данные для разработки рабочей документации и гарантийной прочности основных элементов конструкции при указанных в проекте размерах и сечениях деталей.

На этом этапе проводится всесторонняя теоретическая и экспериментальная проработка схемных и конструктивных решений разрабатываемого технического объекта на макетах или специальных установках.

Технический проект должен содержать расчетное подтверждение соответствия отдельно функциональных параметров и показателей качества заданным требованиям. После выбора элементов и определения режимов их использования проводится оптимизация показателей качества изделия.

Технологи, участвуя в разработке технического проекта, отрабатывают конструкцию на технологичность, добиваясь наилучших значений ее показателей.

На этапе технического проектирования должны решаться также вопросы обеспечения ремонтпригодности и качества пригодности, являющихся составляющими технологичности.

При отработке технологического объекта на ремонтпригодность следует обратить внимание на следующие требования:

- простота и удобство разработки и сборки;
- доступ к деталям и узлам, обладающим повышенными требованиями качества при замене;
- степень применения унифицированных деталей и узлов;
- наличие маркировки элементов.

На стадии технического проекта или на более ранней стадии (на стадии эскизного проекта или еще раньше – на стадии технического предложения) разрабатывают *чертеж общего вида* машины, который обычно содержит:

- изображение изделия (виды, разрезы, сечения) с текстовой частью и надписями, необходимыми для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы;
- наименования, а также обозначения (если они имеются) составных частей изделия, для которых приводятся технические характеристики;

- размеры с их предельными отклонениями и посадки, технические требования к изделию и его техническую характеристику (эти данные должны в последующем учитываться при разработке рабочей документации и, в частности, при разработке рабочих чертежей).

После окончания разработки технического проекта, рассмотрения его заинтересованными сторонами, технический проект официально согласовывается с заказчиком и изготовителем (при необходимости). Выявленные при этом замечания (прежде всего заказчика) оформляются двухсторонним протоколом и подлежат обязательной реализации при разработке рабочих чертежей. Единственное основание неприятия и возвращения на доработку технического проекта – его несоответствие техническому заданию. Все остальные замечания могут быть устранены при рабочем проектировании и не являются основанием для того, чтобы принять технический проект невыполненным.

7 Разработка рабочей конструкторской документации

Пятая стадия – *разработка рабочего проекта и рабочей конструкторской документации (рабочей документации)*.

При выполнении рабочего проекта разрабатывается перечень документов в соответствии с требованиями ГОСТ 2.102-2013, который включает разработку сборочных чертежей технического объекта, механизмов и узлов, входящих в него, рабочих чертежей деталей, расчетной записки, технических условий в соответствии с ГОСТ 2.114-2016, эксплуатационных документов в соответствии с ГОСТ Р 2.601-2019, программы и методики испытаний опытного образца технического объекта в соответствии с ГОСТ 2.104-2006.

Таким образом, в рабочем проекте осуществляется детализация документации путем разработки чертежей на каждый элемент технического объекта, и рабочий проект содержит все то, что требуется для воплощения в материальную форму технического задания с коррективами, необходимость которых возникла в процессе конструирования и проведения исследований.

Рабочая конструкторская документация является основной продукцией проектной организации. Она разрабатывается на основе технического задания или проектной конструкторской документации и предназначена для обеспечения изготовления, контроля, приемки, поставки, эксплуатации и ремонтов изделия и включает в себя все необходимые документы для изготовления и испытания опытного образца (или опытной партии) изделий, выпуска установочной серии или организации серийного производства.

Для успешной реализации найденного технического решения при разработке рабочего проекта целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Для сведения к минимуму возможных ошибок, которые могут выявиться только при наладке и испытаниях опытного образца технического объекта, очень важно при новом проектировании как можно больше применять типовые проверенные конструкторские решения, но при этом они не должны ухудшать конструкцию технического объекта в целом.

2. При параллельной разработке различными исполнителями конструкторских документов механизмов и узлов, входящих в технический объект (так, чаще всего, ведется проектирование сложных объектов), постоянно должна учитываться и контролироваться их взаимосвязь. Эту работу должен выполнять ведущий конструктор. В противном случае нестыковка узлов технического объекта выявляется только при проверке чертежей и может привести к значительной переработке уже спроектированных узлов, то есть к необоснованному увеличению сроков проектирования. Особенно важна стыковка в работе механических узлов с системами гидравлики, пневматики, электроавтоматики.

3. Параллельно с разработкой рабочих чертежей должны вестись проверочные расчеты технического объекта (энергетические, кинематические, силовые, прочностные и прочие), так как, зачастую, в рабочем проекте, особенно при отработке конструкции на технологичность, меняются размеры и конфигурации наиболее сложных и ответственных базовых деталей.

4. Параллельно с разработкой рабочих чертежей должна вестись их окончательная (размерная) отработка на технологичность и метрологичность, для того, чтобы проблемы возможности изготовления деталей и сборки узлов нового технического объекта не возникли на стадии изготовления опытного образца, когда их решение может повлечь за собой большие материальные затраты и потери времени.

5. Полезно в процессе разработки рабочих чертежей нового технического объекта привлекать в качестве оппонентов опытных конструкторов из соседних подразделений, так как их критические замечания, даже необъективного характера могут натолкнуть разработчика на создание более оптимальных конструкций, реализующих найденные ранее технические решения.

6. Особое внимание при разработке рабочих чертежей ведущий конструктор должен уделять конструкции узлов и механизмов, правильная реализация которых позволяет в полной мере осуществить найденное техническое решение. При имеющихся сомнениях в работоспособности элементов конструкции или всей конструктивной схемы механизма и невозможности проверить это расчетным путем, целесообразно разрабатывать несколько вариантов конструкции проблемного механизма.

7. При разработке конструкции новых механизмов необходимо проверять: обеспечение собираемости узла, наличие необходимых регулировок настройки исходного положения и величины хода элементов исполнительных механизмов, наличия удобного доступа к элементам настройки, наличие смазки трущихся поверхностей, наличие доступа при разборке узлов к быстроизнашиваемым деталям, а также выполнение требований техники безопасности.

Оформление рабочего чертежа детали рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- вычертить конструкцию детали так, чтобы полностью определились форма и размеры всех элементов и выяснилась технологическая возможность изготовления детали;
- нанести все необходимые для изготовления размеры с их предельными отклонениями;
- обозначить шероховатости поверхностей по заданным допускам или в зависимости от вида механической обработки данной поверхности;
- нанести данные о допусках формы и расположения поверхностей;

- сформулировать требования к материалу, к заготовке, термообработке и свойствам материалов готовой детали, отделке, покрытию, указать методы неразрушающего контроля.

При разработке рабочего проекта входящие в него текстовые документы разрабатываются в соответствии с ГОСТ Р 2.106-2019. К ним относятся: технические условия, программа и методика испытаний, руководство по эксплуатации. Технические условия должны содержать вводную часть и разделы, расположенные в следующей последовательности:

- технические требования;
- требования безопасности;
- требования охраны окружающей среды;
- правила приемки;
- методы контроля;
- транспортирование и хранение;
- указание по эксплуатации;
- гарантия изготовителя.

В разделе «Технические требования» должны быть приведены требования, нормы и характеристики, определяющие показатели качества и потребительские (эксплуатационные) характеристики продукции. Раздел в общем случае должен состоять из следующих подразделов: «Основные параметры и характеристики», «Требования к сырью, материалам, покупным изделиям», «Комплектность», «Упаковка».

В подраздел «Основные параметры и характеристики» помещают:

- основные параметры и характеристики, характеризующие тип (вид, марку, модель) продукции, при необходимости дается ее изображение с габаритными, установочными и присоединительными размерами, а также дается ссылка на конструкторские документы с указанием их обозначений;

- требования назначения, характеризующие свойства продукции, определяющие ее основные функции, для выполнения которых она предназначена, например, требования к взаимозаменяемости, производительности, точности, требования к составу, физико-химическим и механическим свойствам, требования по функциональной, геометрической, электрической, технологической, метрологической, прочностной, информационной и другим видам совместимости;

- требования к надежности (безотказность, долговечность, ремонтпригодность);

- требования к технологичности;

- конструктивные требования, предъявляемые к продукции в форме конкретных конструктивных решений, например, предельно допустимые масса и габаритные размеры, конструкционные материалы, виды термообработки, покры-

тий, направление вращения и т.д.

Подраздел «Требования к сырью, материалам, покупным изделиям» устанавливает требования:

- к покупным изделиям, жидкостям, смазкам, краскам и материалам;
- к драгоценным материалам, металлам и сплавам, порядок их учета;
- к вторичному сырью и отходам промышленного производства.

В подразделе «Комплектность» указывают входящие в комплект поставки отдельные составные части, механически не связанные при поставке, запасные части, инструмент, принадлежности, поставляемую вместе с изделием документацию.

В подразделе «Маркировка» устанавливают следующие требования к маркировке продукции, в том числе транспортной маркировке:

- место маркировки (непосредственно на продукции, на ярлыках, на этикетках, на таре);
- содержание маркировки;
- способ нанесения маркировки.

При изложении содержания маркировки, как правило, указывают товарный знак предприятия, зарегистрированный в установленном порядке и наименование предприятия-изготовителя, знак соответствия продукции, сертифицированной на соответствие требованиям стандарта.

В подразделе «Упаковка» устанавливают требования к упаковочным материалам, способу упаковки продукции, при этом указывают:

- правила подготовки продукции к упаковке, включая демонтаж и консервацию, с указанием применяемых средств;
- потребительскую и транспортную тару, в том числе многооборотную, вспомогательные материалы, применяемые при упаковке;
- количество продукции в единице потребительской упаковки и транспортный тары;
- способ упаковывания продукции в зависимости от условий транспортировки;
- порядок размещения и способ укладки продукции в таре;
- перечень документов, укладываемых при упаковке и способ их упаковки.

В разделе «Требования безопасности» указывают требования электробезопасности, пожарной безопасности, взрывобезопасности, радиационной безопасности, безопасности от воздействия химических и загрязняющих веществ, в том числе предельно допустимые концентрации веществ или входящих в изделие компонентов.

В разделе «Требования охраны окружающей среды» устанавливают требования по предупреждению вреда окружающей природной среде, здоровью чело-

века при испытаниях, хранении, транспортировании, эксплуатации и утилизации продукции, опасной в экологическом отношении.

В разделе «Приемка продукции» указывается порядок контроля продукции, порядок и условия предъявления и приемки продукции отделами технического контроля изготовителя и заказчика, размер предъявляемых партий, сопроводительную предъявительскую документацию, оформление результатов приемки.

В зависимости от характера продукции устанавливается программа испытаний (приемо-сдаточных, периодических, типовых). Для каждой категории испытаний устанавливают периодичность их проведения, количество контролируемых образцов, перечень контролируемых параметров и последовательность осуществления контроля. При выборочном или статистическом контроле качества указывают план контроля (объем контролируемой партии, объем выборок, контрольные нормативы и решающие правила). В разделе оговаривают правила и условия приемки, порядок забраковывания продукции и возобновление приемки после анализа выявленных дефектов.

В разделе «Методы контроля» устанавливаются приемы, способы, режимы контроля (испытаний, измерений, анализа) параметров, норм, требований и характеристик продукции, необходимость контроля которых, предусмотрена в разделе «Правила приемки». Для каждого метода контроля (испытаний, измерений, анализа), в зависимости от специфики проведения, должны быть установлены:

- методы отбора проб (образцов);
- оборудование, материалы и реактивы и др.;
- подготовка к контролю (испытанию, измерению, анализу);
- проведение контроля;
- обработка результатов.

В разделе «Транспортирование и хранение» указывают требования по обеспечению сохраняемости продукции при ее транспортировании и хранении. В результате в разделе указывают виды транспорта (воздушный, железнодорожный, морской, автомобильный), а также порядок размещения, способ крепления и укрытия продукции в этих средствах. В разделе также указывают параметры транспортирования (допустимую дальность, скорость, допустимые механические воздействия, климатические условия и специфические требования к продукции при транспортировании). В разделе указывают условия хранения продукции, обеспечивающие ее сохранность, в том числе, к месту хранения (навес, крытый склад, отапливаемое помещение), к защите продукции от влияния внешней среды (влаги, вредных испарений), к температурному режиму. Кроме того, приводят способ укладки продукции (в штабели, на стеллажи, подкладки и т.п.). Правила хранения должны содержать: место хранения, условия хранения, усло-

вия складирования, специальные правила и сроки хранения.

В разделе «Указания по эксплуатации» приводят указания по установке, монтажу и применению продукции на месте ее эксплуатации.

В разделе «Гарантия изготовителя» устанавливают права и обязанности изготовителя по гарантиям в соответствии с действующим законодательством.

В общем случае «Программа и методика испытаний» содержит следующие разделы:

1. Технические требования.

2. Методика испытаний:

- проверка соответствия оборудования чертежам;
- проверка паспортных данных;
- проверка норм точности;
- проверка показателей качества и надежности;
- проверка обеспечения стабильной работы оборудования;
- проверка удобства обслуживания и ремонта оборудования;
- проверка комплектности оборудования;
- проверка соответствия оборудования требованиям техники безопасности.

3. Режимы испытаний (на холостом ходу, под нагрузкой).

«Руководство по эксплуатации» в общем случае содержит следующие разделы:

«Руководство по эксплуатации» в общем случае содержит следующие разделы:

1. Общие сведения об изделии.

2. Основные технические данные и характеристики изделия.

3. Комплектность изделия.

4. Указания мер безопасности.

5. Состав изделия.

6. Устройство изделия и его составных частей.

7. Порядок установки (монтажа).

8. Порядок настройки и запуска в эксплуатацию:

- первоначальный запуск;
- работа в автономном режиме.

9. Возможные неисправности и методы их устранения.

10. Особенности разборки и сборки при ремонте.

11. Сведения о приемке.

12. Сведения о консервации.

13. Свидетельство об упаковке.

14. Хранение.

15. Указания по техническому обслуживанию, эксплуатации и ремонту.

16. Гарантии изготовителя.

17. Руководство по эксплуатации электрооборудования.

18. Руководство по эксплуатации гидравлического оборудования (пневматического оборудования).

19. Сведения по запасным частям.

После окончания разработки комплекта конструкторской документации заканчивается первый этап технической подготовки производства нового технического объекта. Далее конструкторская документация размножается и передается в требуемом объеме:

- технологической службе для разработки технологической документации;
- коммерческой службе для заказа комплектующих (по ведомости покупных изделий, получаемой от конструкторской службы), для заказа материалов (по ведомости материалов, получаемой от технологической службы);
- службе подготовки производства для разработки графиков изготовления и сборки опытного образца создаваемого технического объекта.

На основании разработанных графиков осуществляется изготовление, сборка, наладка и испытания опытного образца. За всеми этими процессами разработчик (ведущий конструктор) должен осуществлять авторский надзор, целью которого является с одной стороны, выполнение всех требований, заложенных в технической документации, а с другой стороны, выявление и оперативное устранение возникающих в производстве конструкторских ошибок и технологических недоработок, которые на данном этапе он видит лучше, чем кто-либо.

8 Расчеты при проектировании

Проектирование машин невозможно без использования расчетов. С помощью расчетов устанавливается техническая характеристика, размеры, форма сечений нагруженных деталей, запас прочности и долговечности во всех условиях и при всех нагрузках, при которых конструкция должна работать. Расчеты и конструирование связаны между собой, дополняя и корректируя друг друга. Расчеты указывают путь, по которому следует идти, чтобы получить наилучший технический результат. Так как конструирование неразрывно связано с экономикой, то любой результат конструкторского расчета проверяется с точки зрения экономической целесообразности. В связи с этим все расчеты, применяемые в проектировании, относятся к технико-экономическим. Расчеты должны ответить на вопросы, по которым конструктор не имеет опытных данных, чтобы обеспечить надежность, работоспособность и эффективность конструкции.

В большинстве случаев отдельные параметры и размеры сечений конструктор выбирает опытным путем или, исходя из конструктивных соображений, так как расчет дает слишком малые сечения, которые невозможно применить в конструкции. Но в тех случаях, когда должна достигаться высокая точность или разрабатывается ответственная конструкция, проведение расчетов – единственный способ достижения оптимального результата.

В проектировании используются следующие виды расчетов [5]:

- геометрические (расчет размерных цепей, координат, зазоров и натягов и т. п.);
- кинематические (расчет передаточных отношений кинематических цепей, расчет траектории и т. п.);
- динамические (расчет сил, скоростей, ускорений и т. п.);
- аэродинамических свойств (расчет формы наименьшего сопротивления для движущихся тел и т. п.);
- технологические (расчет режимов обработки, производительности, ритма, такта и т. п.);
- прочностные (расчет нагрузок, напряжений, прочности, деформаций и т. п.);
- жесткости и виброустойчивости (расчет жесткости, колебаний, вибраций и т. п.);
- надежности (расчет работоспособности, долговечности, безотказности, срока службы и т. п.);
- энергетические (расчет двигателей, приводов, нагревателей, охладителей, энергоносителей и т.п.);
- экономические (расчет трудоемкости, массы, стоимости, эффективности

и т. п.).

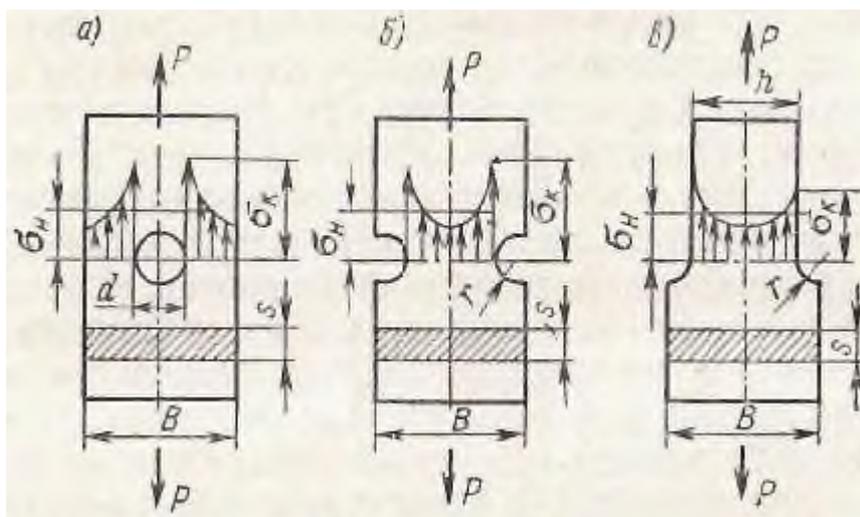
Кинематические и геометрические расчеты, расчеты ответственных элементов конструкции выполняются с большой точностью. Остальные расчеты при проектировании являются более или менее условными. Для того, чтобы расчет не был сложным и трудоемким, неприемлемым для практического применения во время проектирования используют упрощенные расчеты. Это объясняется тем, что в процессе проектирования, используемые в расчете данные, являются предварительными и постоянно уточняются в дальнейшей разработке. Упрощенные расчеты используют упрощенные зависимости физического состояния в узлах и деталях и только в основном отражают действительность. При этом факторы и воздействия, существенно не влияющие на результат расчета, просто не учитываются. В формулах, используемых в упрощенных расчетах, применяются такие эмпирические коэффициенты, которые учитывают определенные воздействия сложных факторов.

Методика расчета (выбор схемы сил или параметров, схематизация конструкции и определение величин сил и моментов, действующих на конструкции) влияет на точность расчетов. Применение методики более точных расчетов позволяет значительно уменьшить массу изделия, уменьшая коэффициент запаса для ответственных деталей до 1,5-1,3.

Определение схемы нагрузки и основных параметров часто бывает затруднительным. Перед проведением динамических и прочностных расчетов осуществляется изучение и анализ источников сил, точки приложения и направления их действия, например, гравитационная сила; сила инерции; сила, вызванная ускорением; сила внешнего воздействия; сила резания; сила, вызванная температурными расширениями, и т. д.

Для упрощения расчетов в практике принимают упрощенную схему нагрузок, которая является идеализацией реальной схемы. При этом отбрасываются силы и параметры, действие которых на результат расчета незначительное. Расчетные схемы сложных пространственных систем условно рассматриваются в определенных плоскостях, где используется результирующая сила, а равномерно распределенная нагрузка принимается как концентрированная и т. п. (рисунок 1).

Определение действующих сил и параметров, которые входят в расчеты и определяют их точность, являются не менее затруднительным. Действующие силы могут быть статическими (I категория), пульсирующими (II категория), знакопеременными (III категория) и ударными. Динамика сил затрудняет определение их численного значения.



а – отверстие; б – пазы; в – уступы

(σ_n – номинальные напряжения; σ_k – максимальные концентрированные напряжения)

Рисунок 1 – Концентраторы напряжений в полосе [5]

Использование методики расчетов, не соответствующей действующим условиям, равно как и неправильное определение сил и параметров и их численных значений, приводит к ошибке. В результате ошибки весь расчет теряет свое значение.

Для того, чтобы создать легкую и прочную конструкцию с высокими механическими показателями, конструктор обязан начинать расчеты на первых стадиях проектирования. В начале проектирования сложных расчетов большой точности производить не следует. На начальных стадиях известные величины и параметры недостаточно точны и могут изменяться в процессе дальнейшего проектирования. Здесь используются приблизительные, предварительные расчеты по упрощенной методике, с помощью которых рассчитывают наиболее характерные размеры детали по тем критериям работоспособности, которые в данном случае являются наиболее важными, и согласовывают эти размеры с действующими стандартами.

Расчеты в зависимости от их места в процессе проектирования делятся на проектные и проверочные.

Проектные расчеты применяются для определения исходных данных для установления размеров узлов и деталей несложной конфигурации, причем эти расчеты ведутся по упрощенной методике. Основные этапы проведения проектного расчета:

- составляют упрощенную расчетную схему сил и моментов;
- определяют расчетом их численные значения;
- выбирают материалы по механическим и технологическим свойствам с учетом их стоимости и дефицитности;

- определяют размеры деталей и согласовывают их с данными стандартов;
- вырисовывают детали в сборе и проверяют их на соответствие выбранной конструкции, если необходимо, то конфигурацию детали меняют и расчет повторяют.

Иногда выгоднее выбирать конструкцию и форму изделия, руководствуясь накопленным опытом по выбору формы и размеров подобных изделий. Затем следует провести проверочный расчет по основным критериям работоспособности, то есть определить запасы прочности в расчетных (опасных) сечениях, деформации (прогибы, углы закручивания), температуру узла и др. и сопоставить их с допустимыми.

Основные этапы проведения проверочного расчета таковы:

- выбор материала по технологическим и прочностным соображениям;
- выбор конструкции, формы и размеров по имеющемуся опыту или согласно простым, приближенным расчетам;
- определение напряжения в расчетных сечениях;
- принятие решения о соответствии выбранной конструкции детали.

Если сечение детали не соответствует критериям прочности, меняют ее размер или конфигурацию и повторяют расчет. Расчетные размеры в опасном сечении увеличивают в тех случаях, когда аналитически невозможно подсчитать технологические напряжения, действующие в этих сечениях (литейные и сварочные напряжения, вызванные термообработкой сложной пространственной конструкции, монтажные напряжения и др.). Если деталь имеет высокую степень ответственности, то запас прочности увеличивают. Для ответственных деталей иногда проводят экспериментальную проверку расчетов. Имеется ряд конструктивных приемов, которые позволяют увеличить прочность изделий: применение рациональной силовой схемы; замена изгиба и кручения растяжением-сжатием; уменьшение консолей и рациональное размещение опор; уменьшение массы деталей; придание расчетным сечениям рациональной формы; введение конструктивных связей между элементами конструкции; выполнение рационального оребрения; применение предохранительных механизмов; введение регуляторов или ограничителей частоты вращения либо скоростей; введение предельных муфт, демпферов; повышение точности изготовления быстроходных деталей и механизмов; тщательное уравнивание вращающихся деталей; уменьшение нагрузки в пусковом режиме и в режиме торможения.

К технологическим приемам увеличения прочности можно отнести закалку, поверхностное пластическое деформирование и др.

9 Общие сведения о методах проектирования. Эвристические методы. Экспериментальные методы. Формализованные методы. Методы конструирования

Техническое решение, определяющее принципиальные, схематические, теоретические решения и непосредственно связанное с конструкцией, технологией, принципом работы, материалом технического объекта, является основой построения детали, узла, изделия. Его поиск определяет общий уровень реализации задачи на проектирование. Технические решения характеризуются существенными признаками, выражающими сущность, природу, коренные свойства технического решения, и дополнительными, дополняющими, развивающими, уточняющими техническое решение. Техническое решение выявляется только в процессе разработки или проведения анализа конструкции и принципов работы изделия. Чем подробнее прорабатывается выбранное техническое решение, тем более совершенной будет конструкция.

Новая разработка в целом и технические решения, заключенные в ней, имеют определенные отличия от известных, которые могут проявиться в форме, размерах, компоновке, принципе работы, применяемом материале и др., обладают определенной новизной. Новизна технического решения – важная его характеристика, определяющая круг лиц, для которых данное решение известно. Техническое решение, новое для автора, может оказаться известным для других лиц, так как разработчики постоянно «изобретают» уже ранее изобретенные технические решения. Определение степени новизны технических решений дает возможность оценить уровень разработок. Технические решения, характеризующиеся существенными отличиями, новизной, обеспечивающие положительный эффект, лежат в основе изобретений. При поиске технического решения определяется уровень компетентности разработчика (на сколько он способен логически анализировать имеющуюся техническую информацию и абстрактно мыслить, создавая умозрительные образы технического решения задачи на проектирование). Поэтому инженеру необходимо знать методы поиска технических решений, позволяющие ускорить ход мыслей разработчика в направлении нахождения оптимального решения задачи, стоящей перед ним.

К наиболее известным методам проектирования новых технических объектов относятся: традиционные методы (метод проб и ошибок, метод адаптивного поиска, метод случайного поиска); нетрадиционные методы (проектант как «черный ящик», проектант как «прозрачный ящик», проектант как «самоорганизующаяся система»); эвристические методы; экспериментальные методы; формализованные методы; методы конструирования [6].

Под *традиционными методами* подразумеваются выработанные за дли-

тельное время поколениями проектантов, наиболее часто применяемые совокупности приемов и способов создания проектов новых технических объектов.

Самый распространенный традиционный метод – *метод проб и ошибок*, суть которого заключается в том, что на первом этапе формируется гипотеза по разрабатываемому техническому решению в виде его схемы или эскиза. Проектант лишь интуитивно предполагает, что данный вариант окажется работоспособным. На втором этапе проверяется качество предложенного варианта. Обычно после первой пробы не удается получить требуемое проектное решение, тогда формируется второе предложение, которое учитывает ошибки, допущенные в первом предложении, и снова выполняется проверка работоспособности конструкции. Процедуру повторяют до тех пор, пока не будет найдена совокупность значений конструктивных параметров, соответствующих требованиям задачи на проектирование. Основой для формирования проектных гипотез обычно служит модель (действующий образец конструкции машины или отдельного узла).

Второй традиционный метод – *метод адаптивного поиска*, чаще всего используемый при разработке проекта модернизации существующего технического объекта, который касается незначительного изменения его второстепенных функций. При этом изучаются и анализируются соответствующие элементы существующего технического объекта и для изменения/дополнения выполняемых ими функций рассматриваются известные, проверенные варианты технических решений (их комбинации). Метод не позволяет рассмотреть проблему в целом, поэтому найденные решения обычно далеки от оптимальных, но проверенные и работоспособные.

Еще один традиционный метод – *метод случайного поиска*, отличающийся абсолютным отсутствием плана, но иногда оказывающийся наилучшим методом. Он пригоден тогда, когда надо найти множество отправных точек для независимого поиска в широком поле неопределенностей. При выборе каждого этапа сознательно не учитываются результаты основных этапов, что придает поиску предельно непредубежденный характер. Такой принцип на практике применяется достаточно редко из-за того, что он не гарантирует никаких конкретных сроков поиска технического решения. Метод случайного поиска может применяться при проектировании новых технических объектов, когда их создание является предметом отдаленной перспективы и востребованность на данный момент не велика.

К *нетрадиционным методам* относятся методы, заключающиеся во взглядах на проектанта как на «черный ящик», «прозрачный ящик» и «самоорганизующуюся систему»;

Взгляд на проектировщика как на «черный ящик» можно убедительно выразить, приняв, что проектировщик, как все живые существа способен получать

на выходе решения, которым он доверяет и которые часто оказываются удачными, хотя сам он не может объяснить каким образом ему удалось к ним прийти.

Методы, в которых *проектировщик рассматривается как «прозрачный ящик»*, характеризуются следующими общими чертами: цели, переменные и критерии задаются заранее; поиску решения предшествует проведение анализа; оценка анализа дается в основном в устной форме; заранее фиксируется стратегия, обычно используются последовательные приемы, но иногда включаются и параллельные условные и циклические операции.

Взгляд на проектировщика как на «самоорганизующуюся систему» является выходом из дилеммы, связанной с обилием нового материала и необходимостью сразу оценить его в целом, может явиться разделением работы проектировщика на две части: осуществление поиска подходящей конструкции; контроль и оценка системы поиска. Это дает возможность вместо слепого перебора вариантов применить осознанный поиск и найти короткие пути для решения проблемы, используя как внешние критерии, так и результаты частного поиска.

Основные недостатки описанных методов поиска технических решений – их недостаточно высокая эффективность при решении нестандартных задач.

Под *эвристическими методами* понимается последовательность предписаний (процедур) обработки информации, выполняемая с целью поиска более рационального решения. Их целесообразно применять тогда, когда другие методы, в частности, математически обоснованные оказываются неэффективными. К ним относятся *метод аналогии, метод моделирования, метод экстраполяции, метод интерполяции, метод идеализации, метод формализации, метод обобщения, метод классификации, метод аппроксимации, метод модификации, алгоритм оптимизации изобретательского поиска Г.С. Альтшуллера, метод морфологического анализа и синтеза*. Наиболее известные из них – алгоритм оптимизации изобретательского поиска Г.С. Альтшуллера и метод морфологического анализа и синтеза.

На основе анализа массива патентной информации Г.С. Альтшуллер предложил *алгоритм оптимизации изобретательского поиска*, на основе которого позднее была создана *теория решения изобретательских задач*. Им отбирались и исследовались сильные решения, критически изучались решения слабые и ошибочные, обобщался накопленный опыт и классифицировался вплоть до выработки неких стандартов на решения типовых изобретательских задач и создавался некоторый банк типовых приемов. В итоге разработчик с самого начала настраивается на выявление противоречий, лежащих в основе технического творчества и творит по четкой программе действий.

Метод морфологического анализа и синтеза, разработанный Ф. Цвикки, служит для существенного расширения области поиска возможных решений за-

дачи и основан на комбинаторике возможных вариантов реализации искомого решения. Он позволяет из многих возможностей, определяющихся комбинаторикой свойств объекта и приемов обращения с ним, получать весь возможный набор решений и выбирать из него наиболее подходящий к условиям, которые имеются в распоряжении инженера. Каждая задача конкретна и для ее решения полезно составлять морфологические таблицы, вставляя лишь те свойства объекта и приемы обращения с ним, которые доступны инженеру или те, внедрение которых сулит большие выгоды, что должно сопровождаться всесторонним технико-экономическим обоснованием.

Экспериментальные методы основаны на работе с физическими объектами, их характеристиками и используются в основном для: определения закономерностей и характеристик исследуемого объекта и определения значений его параметров; сбора данных, подтверждающих правильность ранее принятых решений. Данные экспериментальные исследования связаны с практической проверкой разработанного объекта для установления возможности запуска его в производство. Для сокращения сроков и затрат на проведение экспериментальных исследований, получения результатов с требуемой точностью широко применяются математические методы в планировании эксперимента и в обработке полученных экспериментальных данных.

Формализованные методы (методы поиска вариантов решений, методы автоматизации процедур проектирования; методы оптимального проектирования) основаны на законах, описывающих работу исследуемых объектов и процессов, строятся на основе четкого алгоритма в виде схем, математических формул, формально-логических отношений. Результаты, получаемые этими методами, практически не зависят от индивидуальных черт характера человека и отличаются относительной объективностью (на точность результатов оказывают влияние субъективные ошибки в расчетах или ошибки из-за неправильного функционирования вычислительной техники; адекватность и точность применяемых методов; полнота и достоверность исходной информации; точность в формулировании целей и задач). При решении проектных задач часто получают различные варианты решений. Чем больше их количество, тем более взвешенным, оптимальным, обоснованным может быть выбранное решение. Среди методов поиска вариантов решений наиболее универсальный – *метод полного перебора*, используемый для решения сложных задач при условии наличия технических и временных возможностей. Упрощенные методы (*метод частичного перебора, метод сокращения области поиска*) используют в условиях ограниченности технических и временных ресурсов. Проектируемые объекты могут описываться большим количеством параметров, для упрощения описания которых используют следующую схему: принцип действия, структурный уровень,

параметрический уровень. Соответственно задачи оптимального проектирования подразделяются на задачи выбора оптимального принципа действия, структурной и параметрической оптимизации. Формализованные методы – основа для создания программ и автоматизации проектных процедур.

Экспериментальные и формализованные методы в практической деятельности конструктора используются нечасто.

Методами конструирования (конструктивная преемственность, инверсия, унификация, агрегатирование, модифицирование, стандартизация и др.) новое решение обычно получают путем внесения изменений в существующие конструкции машин и оборудования.

Конструктивная преемственность – использование при проектировании предшествующего опыта машиностроения данного профиля и смежных отраслей, введение в проектируемый агрегат всего полезного, что есть в существующих конструкциях машин, позволяющее постепенно совершенствовать конструкцию машину вводя в нее отдельные новые или дополнительные узлы и детали вместо устаревших, не отвечающих современным требованиям либо для изменения прежних характеристик изделия. Разновидность конструктивной преемственности – использование готовых покупных элементов в разрабатываемом изделии.

Инверсия – метод получения нового технического решения путем отказа от традиционного взгляда на задачу, позволяющий создать новые, поражающие оригинальностью и смелостью мысли конструкции. При инверсии взгляд на задачу осуществляется с другой позиции (обычно диаметрально противоположной).

Под *унификацией* понимают многократное использование в конструкции одних и тех же элементов. Она способствует сокращению номенклатуры деталей, снижению стоимости их изготовления, улучшению эксплуатации и ремонта изделия.

Агрегатирование заключается в создании машин путем сочетания унифицированных агрегатов, представляющих автономные узлы, устанавливаемые на общей станине в различном числе и комбинациях.

Модифицирование – переделка машины с целью приспособления ее к иным условиям работы без изменения основной конструкции.

Стандартизация позволяет создавать конструкцию и совершенствовать ее на основе применения стандартных агрегатов, узлов, деталей, что ускоряет проектирование, облегчает изготовление, увеличивает надежность машины, упрощает ее эксплуатацию, техническое обслуживание, ремонт.

10 Принципы и методика проектирования оборудования. Конструкторская документация

При проектировании механизмов необходимо соблюдать такие основные принципы как технологичность, минимальность кинематической цепи, компактность, статическая определенность.

Понятие технологичности включает в себя обеспечение минимальной трудоемкости изготовления и сборки, меньшей себестоимости и материалоемкости и др. Повышением технологичности деталей, узлов и конструкции в целом достигается существенное удешевление проектируемой системы. При проектировании изделия учитывают производственную и эксплуатационную технологичности, технологичность при техническом обслуживании и ремонте, технологичность заготовки, детали и сборочной единицы. При прочих равных условиях конструкция тем точней, чем выше технологичность.

Принцип минимальной кинематической цепи требует наименьшего числа кинематических пар и звеньев механизма для выполнения его заданных функций.

Принцип компактности часто выражает эргономические требования. Так, при проектировании цилиндрической зубчатой передачи с передаточным числом $u = 15$ целесообразно применять двухступенчатую передачу (например, $u_1 = 3$ и $u_2 = 5$). Это позволяет уменьшить габариты по сравнению с одноступенчатой передачей почти в два раза, но при такой конструкции нарушается принцип минимальной кинематической цепи. Окончательное решение всегда является компромиссным.

Принцип статической определенности требует наложения наименьшего числа связей, так как наличие избыточных или пассивных связей приводит к возникновению деформации и снижению точности системы.

Н.П. Игнатьевым на основе 35-летнего опыта конструирования, изготовления и доводки опытных образцов, освоения серийного производства новых, оригинальных технических объектов в области машиностроения различного назначения, уровня сложности и новизны, предложена методика проектирования технического объекта в общем случае содержащая следующие, последовательно выполняемые этапы [6]:

1. Постановка задачи на проектирование (На первом этапе постановки задачи определяется цель проектирования, которая впоследствии является базовой платформой для формирования основного принципа задачи на проектирование. Как правило, цель проектирования определяется высшим руководством фирмы (предприятия) на основании: стратегии развития фирмы, мероприятий по обеспечению решения проблемных вопросов, технико-экономического анализа рабо-

ты фирмы за отчетный период. Вторым этапом постановки задачи на проектирование является формулирование основного принципа задачи на проектирование. Третьим этапом постановки задачи на проектирование, который позволяет конкретизировать и направить поиск технического решения, является выявление противоречия, мешающего ее решению).

2. Выбор критериев оценки создаваемого технического объекта (Критерии должны быть измеряемыми, обеспечивать сопоставимость сравниваемых технических объектов и сохранять постоянство в течении срока службы технического объекта. Различают три вида критериев оценки технического объекта: функциональные или технические (габаритные размеры, масса, потребляемая или развиваемая мощность, усилие, скорость, производительность, точность; жесткость технического объекта и т.п.), экономические (прибыль от внедрения технического объекта, цена (себестоимость) изделия, срок окупаемости капиталовложений, затраты на эксплуатацию, обслуживание и ремонт технического объекта (стоимость расходных материалов и запасных частей), затраты на подготовку обслуживающего персонала), прочие (надежность, ремонтпригодность, удобство и простота эксплуатации и обслуживания (наладки), выполнение требований промышленной безопасности и охраны труда, экологичность, эргономичность, степень универсальности, степень механизации и автоматизации, наличие программного управления и т.п. Чаще всего объективную оценку уровня соответствия технического объекта требованиям задачи на проектирование можно определить совокупностью двух критериев функционального (технического) и экономического, которые определяют конкурентоспособность изделия, если оно поставляется на рынок.).

3. Поиск и изучение технической информации, выбор прототипа.

4. Проведение инженерного анализа исходных данных и уточнение задачи на проектирование.

5. Поиск технического решения задачи на проектирование.

6. Моделирование.

7. Разработка конструкторской документации.

8. Оценка результатов выполнения этапов проектирования и поиск конструкторских ошибок.

9. Авторский надзор за изготовлением, сборкой, наладкой, испытаниями опытного образца создаваемого технического объекта.

Объем работ, выполняемых на каждом этапе, зависит от сложности и новизны технического объекта. Отдельные этапы в зависимости от специфики создаваемого технического объекта, определяемой, как правило, его назначением, могут не выполняться или не оформляться документально. При проектировании нестандартного оборудования для внутризаводского использования два первых

этапа могут быть выполнены в виде технического задания, оформленного в упрощенной форме, а патентный поиск может не проводиться ввиду наличия прототипа, успешно работающего в условиях действующего производства, в котором необходимо изменить только ряд конструктивных параметров [6]. При проектировании новых сложных технических объектов выполняются все этапы методики (ненадлежащее отношение к выполнению любого из них может привести к негативному результату, выявляемому только при изготовлении и испытаниях нового образца).

Методика проектирования механизма любого типа в общем случае содержит следующие этапы [6]:

1. Поиск технического решения, отвечающего требованиям задачи на проектирование.

2. Выполнение предварительной компоновки, предусматривающее распределение передаточного отношения между ведущим звеном и промежуточными звеньями.

3. Выбор (расчет) закона движения ведущего звена, обеспечивающего необходимое перемещение ведомого звена и построение планов положений механизмов.

4. Построение планов ускорений и планов сил, выполнение на основе этого проектировочных кинематических, силовых и прочностных расчетов механизма и входящих в него деталей.

5. Окончательная компоновка механизма с учетом его стыковки и размерной увязки с другими механизмами машины и ее приводом.

6. Выбор конструктивного исполнения основных звеньев механизма.

7. Разработка технических требований сборочного чертежа механизма, обеспечивающих правильную сборку и регулировку, необходимую для обеспечения его нормальной работы в составе машины.

8. Введение в конструкцию элементов регулировки, необходимых для выполнения технических требований при сборке, а также для наладки, эксплуатации, обслуживании и ремонта механизма, и предохранительных устройств, а для высокоскоростных механизмов – уравнивающих деталей и грузов.

9. Отработка конструкции привода на технологичность.

10. Отработка конструкции привода на соответствие требованиям техники безопасности.

11. Отработка конструкции привода на соответствие требованиям эргономики и эстетики.

12. Разработка рабочих чертежей деталей и сборочных единиц, входящих в привод.

13. Конструкторский и технологический контроль документации.

14. Анализ результатов проектирования.

К конструкторским документам в соответствии с ГОСТ 2.102-2013 относят графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Существуют следующие виды конструкторских документов:

- Электронная модель детали – документ, содержащий электронную геометрическую модель детали и требования к ее изготовлению и контролю. В зависимости от стадии разработки он включает в себя предельные отклонения размеров, шероховатости поверхностей и др.

- Чертеж детали – документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

- Сборочный чертеж – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам также относят чертежи, по которым выполняют гидромонтаж и пневмомонтаж.

- Электронная модель сборочной единицы – документ, содержащий электронную геометрическую модель сборочной единицы, соответствующие электронные геометрические модели составных частей, свойства, характеристики и другие данные, необходимые для сборки (изготовления) и контроля. К электронным моделям сборочных единиц также относят электронные модели для выполнения гидромонтажа и пневмомонтажа.

- Чертеж общего вида – документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

- Теоретический чертеж – документ, определяющий геометрическую форму (обводы) изделия и координаты расположения составных частей.

- Габаритный чертеж – документ, содержащий натурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

- Электромонтажный чертеж – документ, содержащий данные, необходимые для выполнения электрического монтажа изделия.

- Монтажный чертеж – документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения. К монтажным чертежам относят чертежи фундаментов, специально разрабатываемых для установки изделия.

- Упаковочный чертеж – документ, содержащий данные, необходимые для выполнения упаковывания изделия.

- Схема – документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

- Электронная структура изделия – документ, содержащий структуру изделия (сборочной единицы, комплекса или комплекта) и другие данные в зависимости от его назначения.

- Спецификация – документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

- Ведомость спецификаций – документ, содержащий перечень всех спецификаций составных частей изделия с указанием их количества и входимости.

- Ведомость ссылочных документов – документ, содержащий перечень документов, на которые имеются ссылки в конструкторских документах изделия.

- Ведомость покупных изделий – документ, содержащий перечень покупных изделий, примененных в разрабатываемом изделии.

- Ведомость разрешения применения покупных изделий – документ, содержащий перечень покупных изделий, разрешенных к применению в соответствии с ГОСТ 2.124-2014.

- Ведомость держателей подлинников – документ, содержащий перечень предприятий (организаций), на которых хранят подлинники документов, разработанных и (или) примененных для данного изделия.

- Ведомость технического предложения – документ, содержащий перечень документов, вошедших в техническое предложение.

- Ведомость эскизного проекта – документ, содержащий перечень документов, вошедших в эскизный проект.

- Ведомость технического проекта – документ, содержащий перечень документов, вошедших в технический проект.

- Пояснительная записка – документ, содержащий описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений.

- Ведомость электронных документов – документ, содержащий перечень электронных конструкторских документов (КД).

- Технические условия – документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, изготовлению, контролю, приемки и поставке, которые целесообразно указывать в других конструкторских документах.

- Программа и методика испытаний – документ, содержащий технические данные, подлежащие проверке при испытании изделий, а также порядок и методы их контроля.

- Таблица - документ, содержащий в зависимости от его назначения соответствующие данные, сведенные в таблицу.

- Расчет – документ, содержащие расчеты параметров и величин, например, расчет размерных цепей, расчет на прочность и др.

- Эксплуатационные документы – документы, предназначенные для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации.

- Ремонтные документы – документы, содержащие данные для проведения ремонтных работ на специализированных предприятиях.

- Инструкция – документ, содержащий указания и правила, используемые при изготовлении изделия (сборке, регулировке, контроле, приемке и т.п.).

Документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на проектные (техническое предложение, эскизный проект и технический проект) и рабочие (рабочая документация).

Все двумерные (2D) КД могут быть выполнены как бумажный КД и/или как электронный КД. Документы одного вида и наименования независимо от выполнения являются равноправными и взаимозаменяемыми. Все графические документы (чертежи, схемы) могут быть выполнены как электронные чертежи (2D) и/или как электронные модели (3D). Все текстовые документы могут быть выполнены как электронные КД.

В зависимости от способа выполнения и характера конструкторские документы подразделяются на:

- Оригинал (бумажный) – документ, выполненный на любом материале и предназначенный для изготовления по нему подлинника.

- Оригинал (электронный) – документ, подписанный электронной подписью (ЭП) разработчика, имеющий в реквизитной части соответствующий реквизит и предназначенный для проверки, установленного согласования и утверждения в качестве подлинника.

- Подлинник (бумажный) – документ, оформленный подлинными установленными подписями и выполненный на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с него копий. Допускается в качестве подлинника использовать оригинал, репрографическую копию или экземпляр документа, изданного типографским способом, завизированные подлинными подписями лиц, разработавших данный документ и ответственных за нормоконтроль.

- Подлинник (электронный) – документ, подписанный всеми установленными ЭП, имеющий в реквизитной части соответствующий реквизит и предназначенный для изготовления дубликата и/или копий.

- Дубликат (бумажный) – копия подлинника, обеспечивающая идентичность воспроизведения подлинника, выполненная на любом материале, позволяющем снятие с него копий.

- Дубликат (электронный) – документ, полученный посредством электронного копирования подлинника, подписанный установленными ЭП лиц, ответственных за его изготовление, имеющий в реквизитной части соответствующий

реквизит и предназначенный для изготовления копий.

- Копия (бумажная) – документ, выполненный способом, обеспечивающим его идентичность с подлинником (дубликатом) и предназначенный для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий.

- Копия (электронная) – документ, полученный посредством электронного копирования подлинника или дубликата, подписанный установленными ЭП лиц, ответственных за его изготовление, имеющий в реквизитной части соответствующий реквизит и предназначенный для непосредственного использования в разработке, производстве, эксплуатации, ремонте изделий.

Если одновременно применяют 2D-бумажные и электронные КД одного вида и наименования, допускается их взаимное преобразование друг в друга. При этом соблюдают следующие правила: документы, полученные в результате взаимного преобразования, должны иметь соответствующие ссылки друг на друга; взаимное соответствие между этими документами обеспечивает разработчик.

При определении комплектности конструкторских документов на изделия следует различать:

- основной конструкторский документ;
- основной комплект конструкторских документов;
- полный комплект конструкторских документов.

Основной конструкторский документ изделия в отдельности или в совокупности с другими записанными в нем конструкторскими документами полностью и однозначно определяет изделие и его состав.

За основные конструкторские документы принимают:

- для деталей – чертеж детали;
- для сборочных единиц, комплексов и комплектов – спецификацию.

Изделие, примененное по конструкторским документам, выполненным в соответствии со стандартами Единой системы конструкторской документации, записывают в документы других изделий, в которых оно применено по своему основному конструкторскому документу.

Основной комплект конструкторских документов изделия объединяет конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию (составленные на все данное изделие в целом), например, сборочный чертеж, принципиальная электрическая схема, технические условия, эксплуатационные документы. Конструкторские документы составных частей в основной комплект документов не входят.

Полный комплект конструкторских документов изделия составляют (в общем случае) из следующих документов:

- основного комплекта конструкторских документов на данное изделие;

- основных комплектов конструкторских документов на все составные части данного изделия, примененные по своим основным конструкторским документам.

В основной комплект конструкторских документов изделия могут входить также групповые конструкторские документы, если эти документы распространяются и на данное изделие, например, групповые технические условия.

Пример построения полного комплекта конструкторских документов комплекса приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Пример построения полного комплекта конструкторских документов комплекса [7]

Основной конструкторский документ изделия показан в овале. Документы основного комплекта показаны в прямоугольниках. Документы, обведенные в двойные рамки, предусматриваются только для изделий, предназначенных для самостоятельной поставки. Число ступеней входимости для комплексов, сборочных единиц и комплектов, а также число входящих комплектов сборочных единиц, комплектов и деталей не ограничивается.

11 Патентно-лицензионный поиск

При создании нового технического объекта разработчик использует общетехническую литературу и патентную документацию. *Общетехническая литература* – техническая литература, технические журналы, тематические обзоры, проспекты, конструкторская документация на аналогичные технические объекты и пр. Источники общетехнической информации позволяют разработчику ознакомиться с обобщенной технической информацией теоретического и практического характера, касающейся данного технического объекта. *Патентная информация* – совокупность сведений о результатах научно-технической деятельности, содержащихся в описаниях, прилагаемых к заявкам на изобретения или к охраняемым документам (авторским свидетельствам и патентам). Патентные материалы помогают решить вопрос о том, является ли проектируемое изделие изобретением. *Патентная документация* – официальные публикации патентных ведомств – описания изобретений к авторским свидетельствам и патентам, описания открытий, официальные патентные бюллетени, предварительные описания к заявкам на открытия и изобретения СССР, РФ и ведущих стран мира. В патентном описании приводятся сведения о структуре и особенностях изобретения, сущность которого заключена в формуле изобретения. Патентная документация позволяет разработчику получить наиболее обширную, оперативную, конкретную информацию о найденных технических решениях при создании новых технических объектов, аналогичных проектируемому, играет решающую роль при разработке технического задания, дает возможность вносить в разработки самые новые, прогрессивные достижения науки и техники. Патентные решения можно использовать: в усовершенствовании деталей и узлов существующих конструкций; в усовершенствовании узлов и механизмов существующих конструкций на новом уровне механизации и автоматизации; в создании принципиально новой техники и технологии.

При проработке технического предложения и на дальнейших этапах проектирования проводится *патентный поиск*, который заключается в просмотре всех патентных материалов России, США, Германии, Великобритании, Японии, Франции, Китая и других ведущих стран в данной области за период 30...50 лет, и в выявлении прогрессивных технических решений для возможного использования в проектируемом устройстве. Патентный поиск позволяет также осуществить проверку изделия на конкурентоспособность, патентную чистоту, на установление объема прав патентообладателя и др. Патентная документация, выявленная в результате патентного поиска, проведенного по определенной тематике, считается наиболее информативным источником информации.

Патентный поиск содержит следующие этапы [6]:

1. Определение по Международному патентному классификатору (МПК) классификационной рубрики, к которой относится данный технический объект и его элементы (узлы, механизмы) и построение соответствующего графа.

На первом этапе разработчик по алфавитному указателю технических терминов устанавливает стандартное название технического объекта, начинает работу с МПК и на основании стандартного названия и заданных условий производства определяет более подходящий, конкретный вид технического объекта. Затем разработчик по МПК устанавливает главную классификационную рубрику, по которой будет осуществляться патентный поиск общей компоновки технического объекта и его элементов в патентных фондах РФ и ведущих стран мира. За глубину поиска для определения тенденций развития технического объекта берется период в 30-50 лет. Разработчик после установления главных классификационных рубрик общей компоновки и кинематической схемы технического объекта, определяет его основные элементы и их классификационные рубрики. На основании выбранных классификационных рубрик технического объекта и его элементов строится граф классификации технического объекта по МПК (рисунок 3).

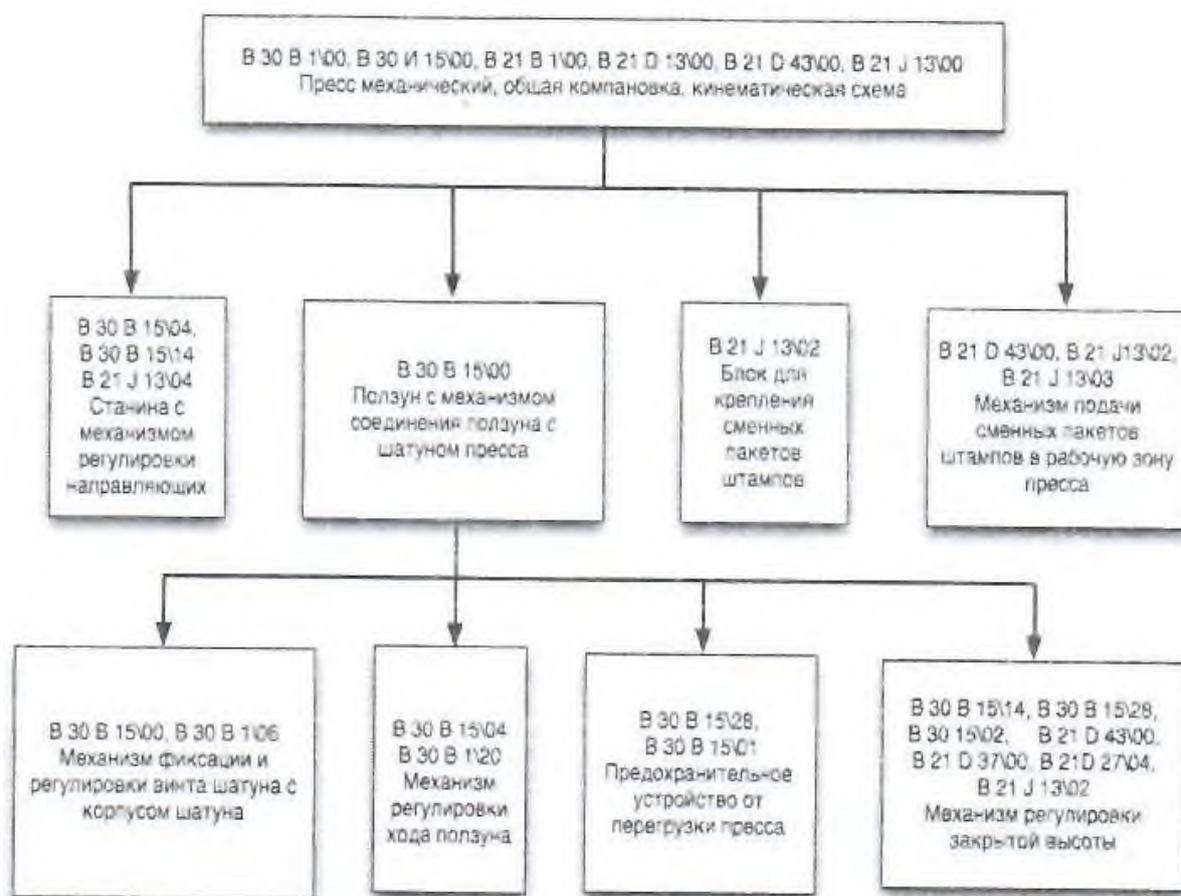


Рисунок 3 – Граф классификации технического объекта по МПК [6]

2. Поиск и выявление в соответствии с выбранным регламентом авторских свидетельств и патентов, близких по сути решаемой задачи к техническому содержанию, создаваемого технического объекта и его элементам.

На втором этапе разработчик выполняет регламент поиска в соответствии с рубриками МПК разработанного графа технического объекта.

3. Выбор аналогов данного технического объекта и его элементов на основании анализа выявленного массива патентов и изобретений и построение соответствующего графа.

На третьем этапе на основании анализа отобранного массива авторских свидетельств и патентов, разработчик выявляет аналоги (патентные документы, содержащие описание конструкции объектов, имеющих с создаваемым техническим объектом сходные признаки) и строит соответствующий граф (рисунок 4).

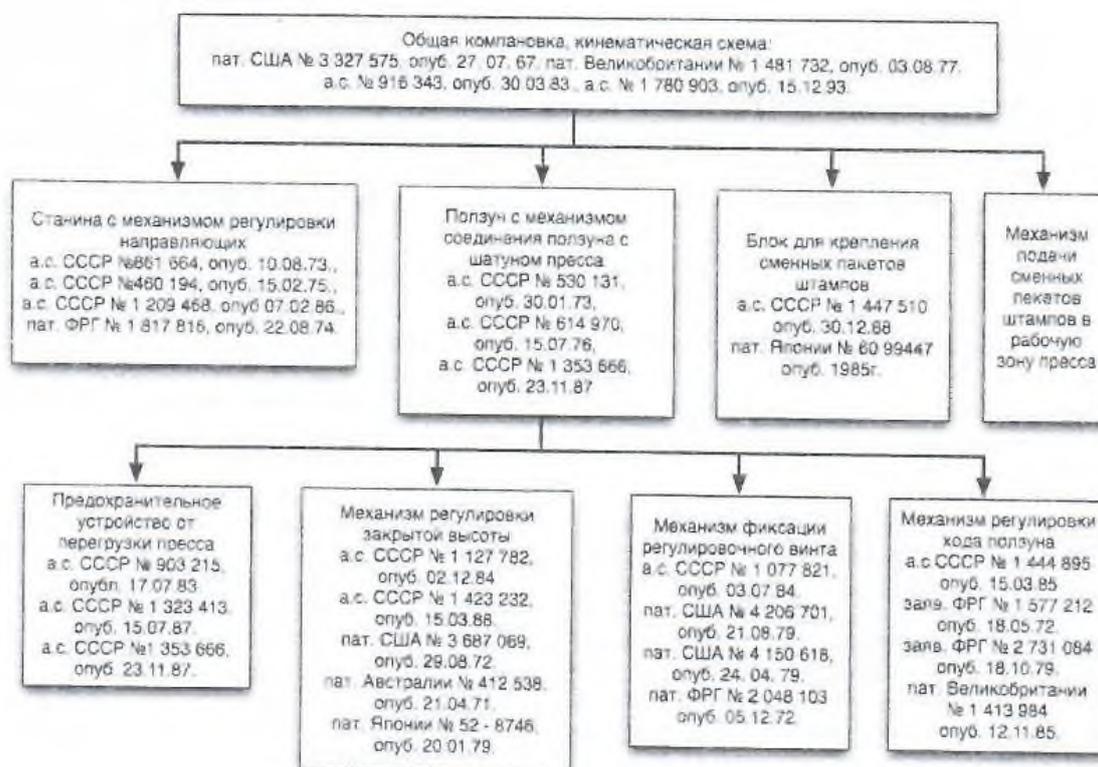


Рисунок 4 – Граф выявленных аналогов [6]

4. Определение тенденций развития технического объекта на основании массива отобранных патентов и изобретений и графа аналогов.

На четвертом этапе осуществляется определение тенденций развития технического объекта. Разработчик на основании массива отобранных авторских свидетельств, патентов и графа аналогов технического объекта выделяет наиболее часто встречающиеся цели изобретения. Цель изобретения обосновывает необходимость удовлетворения общественной потребности, сделавшей востребованным новое техническое решение или усовершенствование уже известного

решения и отражает потребительские свойства технического объекта, тем более, что выдача охранных документов производится на основе его экспертной оценки, выполняемой профессионалами на высоком уровне. На основании анализа целей изобретений и массива отобранной патентной документации устанавливаются наиболее перспективные (востребованные) потребительские свойства для данного вида технического объекта, которые и определяют основные тенденции развития объекта.

5. Выбор прототипа на основании анализа технического уровня и степени соответствия требованиям задачи на проектирование выявленных аналогов данного технического объекта и его элементов и построение соответствующего графа.

На пятом этапе на основании наиболее прогрессивных потребительских свойств технического объекта и его элементов, а также сопоставления преимуществ и недостатков выявленных аналогов, выявляются прототипы и строится граф прототипов (рисунок 5). При этом принимается во внимание то, что прототип должен быть наиболее близок к создаваемому техническому объекту по функциям и достигаемому результату и совпадать с ним по наибольшему количеству признаков.



Рисунок 5– Граф прототипов [6]

6. Выявление и анализ существенных признаков прототипа, использование которых целесообразно при проектировании создаваемого технического объекта.

На шестом этапе проводится анализ существенных конструктивных признаков выбранных прототипов, которые на этапе инженерного анализа послужат основанием для уточнения задачи на проектирование.

Интеллектуальная собственность, которая может продаваться или покупаться, быть похищена, присвоена и использована, является ценной основой перспективного проекта. Интеллектуальная собственность – это мысли, идеи, воплощенные в технические, организационные и организационно-технические решения разнообразных задач, одним из объектов которой является изобретение. Крупное запатентованное изобретение свидетельствует об оригинальности и высоком уровне решения, положенного в основу выпускаемой продукции и может создать ей наилучшую рекламу. Поэтому особое значение имеет экспертиза проекта на патентную чистоту и патентоспособность предлагаемой к выпуску продукции, используемого материала или способа производства.

Патентная чистота предусматривает наличие в данном продукте только своей интеллектуальной собственности (официально признанной) или законно приобретенного права на использование чужой собственности. В патентно-чистом изделии не должно быть технических решений, которые защищены патентами в стране-импортере; для использования зарубежных изобретений закупается лицензия. Попутно необходимо рассматривать вопросы о целесообразности закупки лицензий по зарубежным патентам. Патентно-чистой продукция может быть в следующих вариантах [8]:

- все технические решения (общая схема, конструкции частей, материалы и т.д.) оговорены в патентах, срок действия которых уже истек, или являются общеизвестными и не подлежащими патентованию – такой вариант, хотя и самый простой, но не позволяет создать конкурентоспособную продукцию;

- все технические решения запатентованы разработчиком и производителем продукции – это наиболее предпочтительный вариант, но требует больших интеллектуальных затрат;

- все технические решения выполнены в соответствии с лицензиями иных патентообладателей – такой вариант сопряжен обычно с наибольшим первоначальным вкладом средств, но может позволить выиграть время, затрачиваемое на разработку проекта;

- в продукции имеет место определенное соотношение первых трех вариантов или каких-либо из них – этот вариант используют чаще всего.

Патентование может проводиться с целью дезориентации и/или создания дополнительных препятствий на пути конкурентов, желающих создать продукцию на иных принципах по сравнению с Вашей, а также с целью продажи лицензии Вашим партнерам для продукции, которая лежит вне Ваших интересов или

продукции, подобной Вашей на территориях, которые также не входят в круг Ваших коммерческих интересов.

При оценке целесообразности патентования с целью продажи лицензии следует иметь в виду, что очень редко лицензию покупают только при наличии патента, существо которого не проверено и не реализовано на практике. Обычно лицензия – это сопутствующий товар новых технологий, материалов и другой продукции. Только доказав выгоду своих предложений, можно рассчитывать на успех в этом деле.

12 Общие правила конструирования

При конструировании машин и агрегатов рекомендуется придерживаться следующих общих правил конструирования, сформулированных П.И. Орловым:

- подчинять конструирование задаче увеличения экономического эффекта, определяемого в первую очередь полезной отдачей машины, ее долговечностью и эксплуатационными расходами за весь период использования машины;
- добиваться максимального повышения полезной отдачи увеличением производительности машин и объема выполняемых ими операций;
- всемерно снижать расходы на эксплуатацию машин уменьшением энергопотребления, стоимости обслуживания и ремонта;
- максимально увеличивать степень автоматизации машин для повышения производительности и качества продукции, сокращения трудовых расходов;
- всемерно увеличивать долговечность машин;
- предупреждать техническое устаревание машин, обеспечивая их длительную применяемость, предусматривая резервы развития и совершенствования;
- закладывать в машины предпосылки интенсификации их использования в эксплуатации путем повышения универсальности и надежности;
- конструировать машины с расчетом на безремонтную эксплуатацию с полным устранением капитальных ремонтов и с заменой восстановительных ремонтов комплектацией машин сменными узлами;
- избегать выполнения трущихся поверхностей непосредственно на корпусах деталей; для облегчения ремонта поверхности трения выполнять на отдельных, легко заменяемых деталях;
- последовательно выдерживать принцип агрегатности; конструировать узлы в виде независимых агрегатов, устанавливаемых на машину в собранном виде;
- исключать подбор и пригонку деталей при сборке; обеспечивать полную взаимозаменяемость деталей;
- исключать операции выверки, регулирования деталей узлов по месту, предусматривать в конструкции фиксирующие элементы, обеспечивающие правильную установку деталей и узлов при сборке;
- обеспечивать высокую прочность деталей и машины способами, не требующими увеличения массы;
- уделять особое внимание повышению циклической прочности деталей; придавать деталям рациональные по сопротивлению усталости формы; уменьшать концентрацию напряжений, вводить упрочняющую обработку;
- применять, по возможности, максимально симметричные детали, с минимальным количеством переходов, перепадов и других элементов, с минимальным количеством размеров;

- избегать деталей с малой (малозаметной) асимметрией;
- в машины, узлы и механизмы, работающие при циклических и динамических нагрузках, вводить упругие элементы, смягчающие толчки и колебания нагрузки;
- придавать конструкциям высокую жесткость целесообразными, не требующими увеличения массы способами;
- всемерно увеличивать эксплуатационную надежность машин, добиваясь по возможности полной безотказности их действия;
- избегать открытых механизмов и передач, заключать механизмы в закрытые корпуса, предотвращающие проникновение грязи, пыли и влаги на трущиеся поверхности и позволяющие организовать непрерывную смазку;
- обеспечивать надежную страховку резьбовых соединений от самоотвинчивания;
- максимально возможно исключать винты и ввертыши, применяя наиболее массовый, универсальный и предпочтительный крепеж при помощи болтов (количество крепежа должно быть минимальным);
- максимально возможно уменьшать массы подвижных элементов, особенно работающих в реверсивном режиме или с большим числом включений;
- рационально использовать энергоносители (воду, воздух, масло);
- повышать коэффициенты полезного действия механизмов и их приводов, имея в виду более низкий, по сравнению с электрическим приводом, коэффициент полезного действия гидравлического привода, и особенно пневматического привода;
- уменьшать ступени преобразования энергии;
- применять индивидуальные гидравлические приводы, пневматические приводы и электрические приводы отдельных узлов и механизмов;
- концентрировать мощность в одном агрегате, улучшая коэффициент полезного действия машины;
- предупреждать коррозию деталей, в особенности у машин, работающих на открытом воздухе или соприкасающихся с химически активными средами, применением стойких лакокрасочных и гальванических покрытий и изготовлением деталей из коррозионностойких материалов;
- уменьшать стоимость изготовления машин приданием конструкциям технологичности, унификации, стандартизации, уменьшением металлоемкости, сокращения числа типоразмеров машин;
- уменьшать массу машин увеличением компактности конструкций, применением рациональных кинематических и силовых схем, устранением невыгодных видов нагружения, заменой изгиба растяжением-сжатием, применением легких сплавов и неметаллических материалов;

- избегать сложных многодетальных конструкций;
- заменять, где это возможно, механизмы с прямолинейным поступательно-возвратным движением механизмами с вращательным движением;
- обеспечивать максимальную технологичность деталей, узлов и машины в целом, закладывая в конструкцию предпосылки наиболее производительного изготовления и сборки;
- сокращать объем механической обработки, предусматривая изготовление деталей из заготовок с формой, близкой к окончательной форме изделия, заменять механическую обработку более производительными способами обработки без снятия стружки;
- осуществлять максимальную унификацию элементов конструкции для удешевления машины, сокращения сроков ее изготовления, доводки, облегчения эксплуатации и ремонта;
- расширять применение стандартных деталей;
- не применять оригинальных деталей и узлов там, где можно обойтись стандартными, унифицированными и покупными деталями и узлами;
- экономить дорогостоящие и дефицитные материалы; при необходимости применения дефицитных материалов сводить их расход к минимуму;
- стремясь к дешевизне изготовления, не ограничивать затраты на изготовление деталей, ключевых для надежности машины, выполнять эти детали из качественных материалов;
- делать доступными и удобными для осмотра узлы и механизмы, нуждающиеся в периодической проверке;
- вводить автоматические регуляторы, предохранительные и предельные устройства, исключающие возможность эксплуатации машины на опасных режимах;
- вводить блокировки, предупреждающие возможность неправильного манипулирования органами управления;
- обеспечивать безопасность персонала; предупреждать возможность несчастных случаев максимальной автоматизацией рабочих операций, введением блокировок, применением закрытых механизмов, установкой защитных ограждений.

Задача конструктора по созданию нового образца заключается в подборе и разработке вариантов, относящихся к устройству и принципу работы, и принятии одного, окончательного варианта. В этом случае, на помощь конструктору в выборе наилучшего варианта приходит метод оптимизации. Критерием оптимизации проектируемого объекта является показатель, оптимальный для данного объекта.

Оптимизацию в конструкторских разработках целесообразно проводить по следующим объектам:

1. Оптимизация нагружения – самый главный критерий, от которого зависит такая важная характеристика изделия, как конструкция. Оптимизация нагружения ведет к оптимальной конструкции, конструктивному виду, оптимальному использованию материала, надежности и т.д.

2. Оптимизация материала зависит от конструкции изделия. Применяемый материал может быть разным, его выбирают по необходимым механическим, физическим свойствам, технологичности, стоимости, доступности и т.д.

3. Оптимизация надежности включает в себя показатели качества, коэффициент безопасности и т.д.

4. Оптимизация отношений взаимосвязанных величин заключается в оценке таких характеристик изделия, как геометрические конструктивные характеристики, кинематические и динамические свойства, масса и упругие свойства и отношения между ними. Чем меньше отношения характеристик изделия отличаются от оптимальных, тем больше конструкция отвечает принятым критериям.

13 Автоматизированное проектирование

В проектной/конструкторской деятельности издавна применялся ручной труд, инструменты которого (рейсфедеры, линейки, циркули, кульманы, рейсшины и т.п.) использовались для выполнения чертежных работ индивидуально. Конструктор работал на кульмане, используя нормативно-техническую документацию. Результаты его труда проверялись работниками нормоконтроля на соответствие требованиям ЕСКД.

Кроме «ручного» режима проектирования в зависимости от характера и степени использования компьютерной техники при выполнении некоторой последовательности проектных операций и процедур, обеспечивающей получение требуемого проектного решения, касающегося технического объекта в целом или отдельных его элементов, может быть реализован один из следующих режимов проектирования:

- автоматический (имеет место, когда предусмотренные маршрутом проектные операции и процедуры выполняются компьютером по формальным алгоритмам без участия человека);

- автоматизированный (при котором проектные операции и процедуры выполняются компьютером при участии проектировщика – в так называемом интерактивном режиме);

Ручная форма проектирования ограничивает производительность труда конструктора, поэтому в настоящее время работа конструктора за обычным кульманом, расчеты с помощью логарифмической линейки, оформление отчета на пишущей машинке – анахронизм. Формы типового группового и частично механизированного типового проектирования также требуют значительных затрат времени на рутинные работы по поиску информации о стандартных элементах, материалах, ранее спроектированных конструкциях, на работы по вычерчиванию типовых изображений. Усложнение конструкций в последние годы так увеличило время проектирования, что в ряде случаев оно стало превосходить сроки эксплуатации изделий. Этому были противопоставлены новые методы обработки используемой конструктором информации, то есть автоматизация проектирования.

Автоматическое проектирование реализуется и принципиально может быть реализовано в весьма незначительном объеме (прежде всего, при выполнении процедур одновариантного анализа). Автоматизированное проектирование применяется более широко. Современные тенденции совершенствования технологии проектирования свидетельствуют о развитии данного направления.

Предприятия, ведущие разработки без применения систем автоматизированного проектирования (САПР) или лишь с малой степенью их использования,

оказываются неконкурентоспособными из-за больших временных и материальных затрат на проектирование, а также невысокого качества проектов.

Автоматизированное проектирование ведет свою историю с конца 1940-х гг. – начала 1950-х гг., когда появились первые компьютеры (в СССР это – МЭСМ в 1949 г., БЭСМ в 1951 г., за рубежом (США) – ENIAC в 1946 г.) [9].

Совершенствование элементной базы, архитектуры компьютеров, увеличение объема их оперативной памяти и быстродействия, переход к новым методам и средствам программирования обеспечили развитие компьютерного моделирования (исследований математических моделей технических объектов с помощью вычислительной техники) и позволили осуществлять разработку автоматизированных систем информационного обеспечения проектирования (в частности, разнообразных систем управления базами данных (СУБД)) и систем машинной графики для визуализации результатов проектирования. Появление первых программ для автоматизации проектирования за рубежом и в СССР относится к началу 1960-х гг., когда были созданы программы для решения задач строительной механики, анализа электронных схем, проектирования печатных плат, начала интенсивно развиваться и методологическая база технологии автоматизированного проектирования. Для проектных организаций стала реальной и технически, и экономически возможной создавать сети автоматизированных рабочих мест конструктора, причем первоначально их ядром были удаленные терминалы, связанные с мощным центральным компьютером, а в последующем – персональные компьютеры, оснащенные необходимыми для проектирования периферийными устройствами. Именно тогда сформировалось понимание того, что:

- «компьютерное» изготовление проектной документации, в частности, рабочих чертежей и схем, компьютерный счет и анализ вариантов с использованием применяемых в «докомпьютерном» проектировании математических моделей, часто весьма упрощенных, сами по себе мало сказываются на качестве проектов;

- автоматизированное проектирование может давать эффект тогда, когда в распоряжении проектировщика имеются разрозненные многочисленные и разнообразные, программные информационные средства, применяемые к ограниченному классу технических объектов, не всегда стыкующиеся между собой, а средства, объединенные в систему, сочетающие специализацию с универсальностью, позволяющие реализовать комплексную автоматизацию проектирования, охватывающую функциональный конструкторский, технологический аспекты проектирования, соответствующие стадии и этапы (составляющие в совокупности САПР);

- для кардинального повышения качества проектирования необходимо в рамках САПР обеспечить компьютерную поддержку проектных процедур синте-

за и анализа, а для этого нужно решать проблемы, выходящие за рамки проблематики автоматизации, относящиеся к общим проблемам «искусственного» интеллекта, в частности, проблемам формализации представления знаний в соответствующей предметной области.

САПР включает в себя следующие компоненты (рисунок 6) [2]:

- техническое обеспечение (компьютеры, объединенные в сеть, периферийные устройства, оргтехника и т.п.);

- математическое обеспечение (совокупность математических моделей, расчетных схем, методов, алгоритмов и т.п., с помощью которых выполняются проектные процедуры и операции;

- информационное обеспечение, включающее все виды данных, необходимых при проектировании, различные рекомендации, отражающие накопленный опыт проектирования и эксплуатации, информацию о типовых проектных решениях в соответствующей области, патентах и т.п.;

- программное обеспечение (совокупность программных средств, реализующих математические модели, методы и алгоритмы, позволяющих осуществить хранение в компьютере данных и доступ к ним, а также дающих возможность организовать взаимодействие проектировщиков с техническими средствами САПР, а через них друг с другом, эксплуатировать их, рационально используя имеющиеся ресурсы);

- лингвистическое обеспечение (совокупность языковых средств, позволяющих проектировщику взаимодействовать с другими компонентами САПР, прежде всего с техническим и программным обеспечением);

- организационно-методическое обеспечение (совокупность методических документов, норм, инструкций, правил, определяющих структуру проектной организации и технологию автоматизированного проектирования с использованием всех средств САПР).



Рисунок 6 – Компоненты САПР [2]

Историю развития методов и систем автоматизированного проектирования часто разделяют на несколько этапов.

На первом этапе (до конца 1970-х гг.) были получены научно-практические результаты, доказавшие принципиальную возможность автоматизированного проектирования сложных промышленных изделий. Возможности систем на этом этапе в значительной мере определялись характеристиками, имеющихся в то время графических аппаратных средств. Преимущественно использовались графические терминалы, подключаемые к мэйн-фреймам, в качестве которых использовались компьютеры компаний IBM и CDC, или к мини-ЭВМ типа PDP-11. Построение САПР было весьма дорогим, так в начале 1980-х гг. стоимость одной лицензии САД-системы доходила до 90 тыс. долл.

На втором этапе (1980-е гг.) появились и начали использоваться графические рабочие станции компаний «Intergraph» и др. с архитектурой SPARC или автоматизированные рабочие места на компьютерах VAX компании DEC под управлением ОС Unix. К концу 1980-х гг. стоимость САД-лицензии снизилась примерно до 20 тыс. долл., чем были созданы предпосылки для создания САД/САМ/САЕ – систем более широкого применения.

На третьем этапе (начиная с 1990-х гг.) бурное развитие микропроцессоров привело к возможности использования рабочих станций на персональных ЭВМ, что заметно снизило стоимость внедрения САПР на предприятиях. На этом этапе продолжается совершенствование систем и расширение их функциональности. С 1997 г. работа станции на платформе Wintel не уступали Unix-станциям по объемам продаж. Стоимость лицензии снизилась до нескольких тысяч долларов.

История автоматизации проектирования в машиностроении началась с создания первой графической станции – станции Sketchpad с дисплеем и световым пером, представленной И. Сазерлендом в 1963 г. [9]. Позднее в САПР стали применяться растровые дисплеи. К 1982 г. твердотельное моделирование начали применять в своих продуктах компании IBM, Prime и другие, но методы получения моделей тел сложной формы еще не были развиты, поверхностное моделирование отсутствовало. В 1983 г. была разработана техника создания 3D-моделей с показом или удалением скрытых линий. В 1986 г. компания «Autodesk» (США) выпускает свой первый САД-продукт Autocad, пока однопользовательскую версию на языке Си с поддержкой представления графических данных в формате IGES. В 1988 г. была создана аппаратура для прототипирования изделий с помощью лазерной стереолитографии по данным, получаемым в САД/САМ/САЕ – системах. В 1988 г. компания PTC впервые реализовала параметризацию моделей.

С 1970-х гг. значительное внимание уделялось вопросам стандартизации графических систем (стандарт на базисную графическую систему включает в се-

бя функциональное описание и спецификации графических функций для различных языков программирования). Работы по стандартизации были направлены на расширение функциональности графических языков и систем, включение в них средств описания не только данных чертежей и 3D-моделей, но и других свойств и характеристик изделий. Унификация основных операций геометрического моделирования привела к созданию особых графических систем – геометрических ядер, предназначенных для применения в разных САПР. Параллельно проводились работы по стандартизации описаний геометрических моделей для обмена данными между различными системами на разных этапах жизненного цикла промышленной продукции.

К 2006 г. остались три реально развивающиеся машиностроительные САПР верхнего уровня: системы Unigraphics Solution, Dassault Systemes и PTC.

В 1993 г. В США была создана компания «Solidworks Corporation», которая в 1995 г. представила свой первый пакет твердотельного параметрического моделирования Solidworks на базе геометрического ядра Parasolid. САПР Solidworks вошла в число ведущих систем среднего уровня и является одной из самых популярных в мире систем гибридного и параметрического моделирования, предназначенной для проектирования деталей и сборок в трехмерном пространстве с возможностью проведения различных видов экспресс-анализа, а также оформления конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД. Особенности базового модуля Solidworks являются:

- твердотельное и поверхностное параметрическое моделирование;
- полная ассоциативность между деталями, сборками и чертежами;
- богатый интерфейс импорта /экспорта геометрии;
- экспресс-анализ прочности деталей и кинематики механизмов;
- специальные средства по работе с большим сборками;
- простота в освоении и высокая функциональность;
- гибкость и масштабируемость;
- 100%-ное соблюдение требований ЕСКД при оформлении чертежей;
- русскоязычный интерфейс и документация.

Ряд САД/САМ систем среднего и нижнего уровней разработан в СССР и России. Наибольшее распространение среди них получили T-Flex САД и КОМПАС-3D.

КОМПАС-3D – современная мощная и универсальная отечественная система трехмерного моделирования, разработанная компанией «Аскон», основанной в 1989 г. Первая версия КОМПАС для 2D-проектирования на персональных компьютерах появилась также в 1989 г. В 2000 г. САПР КОМПАС была распространена на 3D-проектирование. Особенности системы КОМПАС-3D, начиная с версии 17 являются:

- современный дизайн (в окне КОМПАС-3D реализован «ленточный» интерфейс;
- работа с проектами любой сложности;
- сокращение времени на оформление чертежей;
- проверка чертежей на соответствие стандартам, моделей – правилам построения, изделий – на технологичность;
- расширение номенклатуры типовых изделий;
- совместимость с современным программно-аппаратным обеспечением;
- развитие методики коллективного проектирования изделий;
- возможность отказа от чертежей (ГОСТ 2.052-2015);
- решение концептуально новых задач (расчет теплопроводности, гидродинамический анализ, газодинамический расчет, оптимизация конструкции);
- введение свыше 3000 новинок.

Данные решения позволяют:

- избежать принципиальных ошибок на самых ранних стадиях производства;
- получить модель объекта и оценить возможные коллизии на этапе проектирования;
- получить расчет массоцентровочных характеристик;
- провести динамический анализ поведения механизмов;
- провести расчет размерных цепей;
- наглядно представить будущее изделие и проверить его собираемость;
- изменять и модифицировать проект в кратчайшие сроки;
- быстро подготовить документацию на изделие, объект.

Ключевой особенностью системы КОМПАС-3D является обеспечение сквозного проектирования от реализации идеи в 3D до подготовки полного комплекта документации, что позволяет существенно сократить время подготовки изделия к производству. КОМПАС-3D имеет интеграцию с САЕ-системами, совместима с большинством САПР и обладает встроенными интерактивными учебными пособиями для быстрого освоения.

Наибольшую популярность в мире завоевала универсальная САПР AutoCAD фирмы «Autodesk», в которой работают 76% пользователей САПР и реализовано графическое программирование – наряду со стандартными командами графического редактора в систему встроен язык программирования AutoLISP (Visual LISP). В результате использования написанных на этом языке графических программ при создании чертежей можно добиться того, что конструктору вообще ничего не придется чертить. Программа может запросить ответ на некоторые вопросы, а все остальное сделает автоматически. Для работы в таком режиме может даже не потребоваться знание команд системы AutoCAD.

14 Экономические основы проектирования и конструирования машин

Задача конструктора состоит в создании машин, наиболее полно отвечающих потребностям народного хозяйства, дающих наибольший экономический эффект и обладающих высокими технико-экономическими и эксплуатационными показателями, главными из которых являются: высокая производительность, прочность, надежность, экономичность, малые масса и металлоемкость, габариты, безопасность обслуживания, высокий технический ресурс и степень автоматизации.

Значимость каждого из перечисленных факторов зависит от назначения машины:

1) в машинах-орудиях главными являются производительность, четкость, безотказность действия, степень автоматизации;

2) в металлорежущих станках – производительность, точность обработки, диапазон выполняемых операций;

3) в транспортной технике (особенно авиационной и ракетной) – малая масса конструкции, высокий КПД двигателя, высокие надежность и безотказность.

Экономический анализ принимаемых конструктором технических решений необходим как при разработке отдельно взятого объекта, так и при формировании общей стратегии развития объектов новой техники.

Экономический фактор играет первостепенную роль в конструировании. Частности конструкции не должны заслонять основной цели конструирования – увеличения полезной отдачи машины.

Некоторые конструкторы считают, что экономично конструировать – значит уменьшать стоимость изготовления машины, избегать сложных решений, применять наиболее дешевые материалы и самые простые способы обработки. Но это только часть задачи. Главное значение имеет то, что экономический эффект определяется полезной отдачей машины и суммой эксплуатационных расходов за весь период ее работы. При этом стоимость машины является только одной и не всегда главной составляющей этой суммы.

Главными факторами, влияющими на экономичность машины, являются полезная отдача, надежность, расходы на оплату труда операторов, потребление энергии и стоимость ремонтов.

Полезная отдача машины определяется стоимостью продукции (или полезной работы), выполняемой машиной в единицу времени. Полезная отдача зависит от производительности машины (от числа выполняемых операций) и от стоимости операций.

Задачу увеличения полезной отдачи машины необходимо решать не эксплуатационными средствами, а конструктивными мероприятиями, поскольку именно они обеспечивают необходимый уровень технической производительности.

Главными способами повышения технической производительности машин являются:

- 1) увеличение числа одновременно выполняемых над изделием операций;
- 2) увеличение числа одновременно обрабатываемых изделий;
- 3) сокращение длительности технологического цикла;
- 4) автоматизация технологического процесса.

Первый способ получил наиболее полное развитие в конструкциях агрегатных металлообрабатывающих станков, позволяющих обрабатывать детали одновременно по нескольким поверхностям. Другим примером могут служить многолезцовые токарные автоматы.

Реализацией второго способа являются роторные машины, на которых одновременно обрабатывают большое число деталей и совмещают процессы обработки и транспортирования деталей.

Роторные машины обладают очень высокой производительностью, так как являются машинами непрерывного действия (обработка детали осуществляется за один оборот ротора).

Если возможности первого способа по увеличению производительности ограничены, то второй способ позволяет увеличивать производительность на сколько угодно. Лимитирующими факторами при этом становятся только операции загрузки и разгрузки изделий.

Сокращение длительности технологического цикла и автоматизация технологического процесса вписываются как в первый, так и во второй способ увеличения производительности.

На экономичность машины существенное влияние оказывает ряд факторов:

- рентабельность;
- экономический эффект;
- продолжительность работы;
- долговечность;
- затраты на энергию;
- материалы;
- обслуживание и т.п.

Рентабельность машины Q выражается отношением полезной отдачи за определенный период $От$ к сумме расходов за тот же период P :

$$Q = O_T/P = O_T/(\text{Эн} + \text{Мт} + \text{Ин} + \text{Тр} + \text{Об} + \text{Рм} + \text{Нк} + \text{Ам}),$$

где Эн – стоимость энергии;
 Мт – стоимость материалов и заготовок;
 Ин – стоимость инструмента;
 Тр – стоимость оплаты труда операторов;
 Об – стоимость технического обслуживания;
 Рм – стоимость ремонта;
 Нк – стоимость накладных расходов;
 Ам – стоимость амортизационных расходов.

Рентабельность должна быть больше 1,0, иначе машина будет работать убыточно и утрачивается смысл ее существования.

Годовой экономический эффект от работы машины (годовой доход) равен:

$$\text{Э} = O_T - P = O_T(1 - P/O_T) = O_T(1 - 1/q),$$

где q – рентабельность машины.

Суммарный экономический эффект $\text{Э}_{\text{сум}}$ за весь период работы машины (общий доход) равен разности суммарной отдачи и суммы расходов за весь период службы:

$$\text{Э}_{\text{сум}} = O_{\text{Тсум}} - P_{\text{сум}}.$$

Отдача машины и эксплуатационные расходы (за исключением Ам и Рм) пропорциональны времени работы h за период эксплуатации. Амортизационные расходы за период эксплуатации равны стоимости машины С. Ремонтные расходы не находятся в прямой зависимости от h, их размер и периодичность определяются условиями эксплуатации и надежности машины:

$$\text{Э}_{\text{сум}} = h[O_T - (\text{Эн} + \text{Мт} + \text{Ин} + \text{Тр} + \text{Об} + \text{Нк})] - P_{\text{Мсум}} - C,$$

где С – стоимость машины.

Если предположить, что машина работает до исчерпания механического ресурса, то в данной зависимости необходимо принять $h = D$, где D – долговечность машины.

Экономический расчет (анализ) позволяет в каждом отдельном случае определить структуру эксплуатационных расходов, их относительную роль и установить основы рационального с экономической точки зрения проектирования машин.

В качестве общего правила можно руководствоваться тем, что экономический эффект в наибольшей степени зависит от полезной отдачи O и долговечности D машины. Эти факторы должны стоять в центре внимания при конструировании машин. Увеличение стоимости машины, направленное на увеличение ее надежности и долговечности, вполне целесообразно, так как выигрыш от увеличения долговечности намного превосходит снижение экономического эффекта из-за удорожания машины.

Особое значение для обеспечения высокой технико-экономической эффективности разрабатываемого изделия и рентабельности его производства и эксплуатации имеет применение современных методов оценки эффективности создаваемой техники и решение оптимизационных задач конструирования.

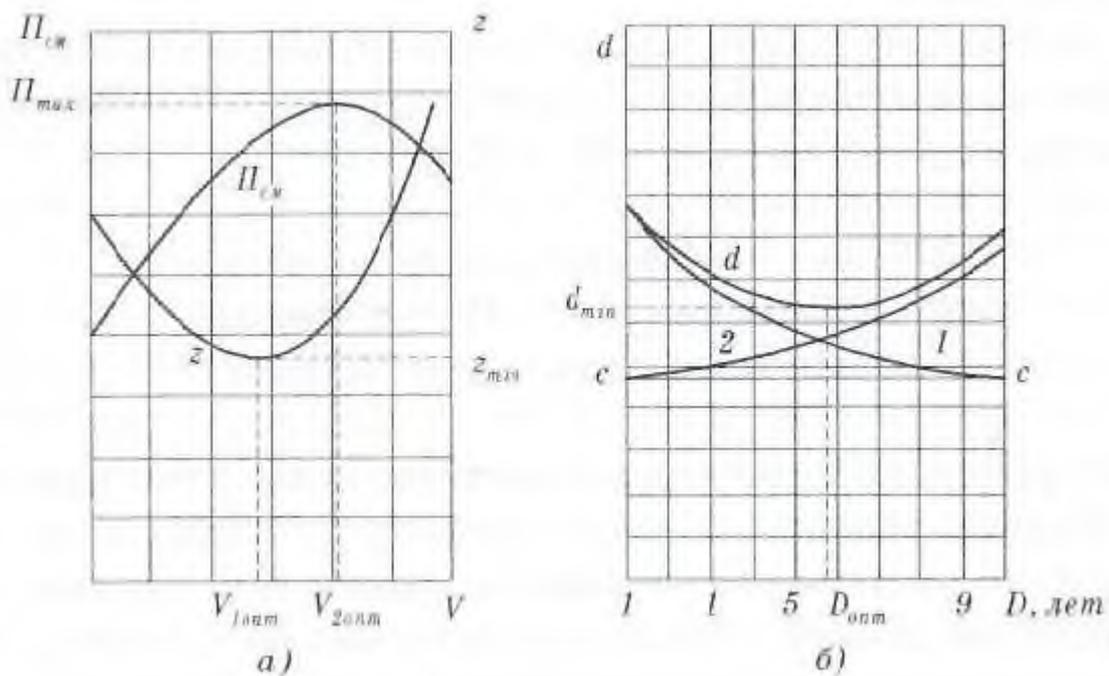
Методы решения оптимизационных задач в зависимости от используемых средств делят на алгоритмические и эвристические. Алгоритмические методы основаны на математическом или логическом алгоритме, определяющем последовательность действий при решении задачи. Эвристические методы основаны на интуитивном мышлении. К ним относятся методы интуитивного поиска оптимальных решений (метод проб и ошибок, метод взвешенных ошибок, экспертные методы и др.).

Методы однокритериальной оптимизации - наиболее простые, но очень наглядные. Они предусматривают анализ взаимосвязей параметров исследуемого объекта, при которых заданный исходный критерий достигает оптимума. При этом в качестве критериев оптимизации могут выступать как технические, так и экономические показатели.

Суммарный экономический эффект зависит от производительности машины и затрат на ее эксплуатацию. Поэтому в качестве критериев оптимизации на начальной стадии конструирования можно использовать производительность сменную $P_{см}$ и приведенные удельные затраты на эксплуатацию Z . В качестве аргумента при составлении целевой функции весьма полезно использовать главный параметр машины.

Наиболее простыми, но очень наглядными являются методы однокритериальной оптимизации. К наиболее распространенным методам этого типа относят методы непосредственной оптимизации с одной критериальной зависимостью (рисунок 7, а) и с двумя противоположными критериальными зависимостями (рисунок 7, б).

Примером непосредственной оптимизации по одному критерию (рисунок 3, а) может служить определение максимальной производительности машины и минимальных удельных приведенных затрат на единицу продукции в зависимости от величины главного параметра машины.



а – с одной; б – с двумя противоположными критериальными зависимостями
Рисунок 7 – Непосредственная оптимизация [10]

Этот метод позволяет определить экстремальные значения Π_{max} и Z_{min} целевых функций и соответствующие им величины главного параметра $V_{\text{опт1}}$ и $V_{\text{опт2}}$, которые, как правило, не совпадают. Выяснение этих обстоятельств на начальной стадии проектирования позволяет конструктору обоснованно принимать решение о создании машины. При этом конструктор может обеспечить машине максимальную производительность при некотором увеличении приведенных удельных затрат продукции (решается задача выполнения заданного объема работ в максимально короткие сроки), назначив величину главного параметра равной $V_{\text{опт2}}$. Конструктор может обеспечить минимум приведенных удельных затрат продукции, назначив главный параметр равным $V_{\text{опт1}}$, при этом производительность машины будет несколько меньше максимальной (здесь решается задача выполнения заданного объема работ при наименьших затратах).

Конструктор может принять третье решение, назначив главный параметр в диапазоне $V_{\text{опт1}} < V < V_{\text{опт2}}$. В этом случае машина будет обладать производительностью, близкой к максимальной, а приведенные удельные затраты будут весьма близки к минимальным.

Примером непосредственной оптимизации с двумя противоположными критериальными зависимостями является определение оптимальной долговечности машины (рисунок 7, б).

Работоспособность и долговечность машины можно продлить с помощью восстановительных ремонтов, экономически целесообразных в том случае, пока расходы на восстановительные ремонты не превысят определенной суммы, на-

пример, стоимости новой машины. Ремонтные расходы – составная, но не единственная часть себестоимости продукции. Поэтому правомерными являются попытки определения оптимальной долговечности, то есть такой, при которой себестоимость продукции машины минимальна.

Себестоимость продукции d равна сумме постоянных расходов (рисунок 7, б, линия с-с), не зависящих от продолжительности эксплуатации (энергия, материалы, труд и др.), и переменных, зависящих от времени эксплуатации. Амортизационные отчисления (кривая 1, рисунок 7, б) обратно пропорциональны времени эксплуатации. Ремонтные расходы возрастают (кривая 2, рис 7, б) с увеличением продолжительности эксплуатации вследствие износа машины.

Суммирование этих составляющих дает себестоимость продукции в функции времени эксплуатации. Кривая себестоимости продукции имеет минимум, которому соответствует понятие оптимальной долговечности.

В большинстве случаев оптимальное проектирование технических объектов представляет собой сложную задачу многокритериальной оптимизации, когда решение задачи нацелено на отыскание экстремальных значений нескольких критериев, которые не могут быть заменены одним основным критерием.

15 Унификация конструктивных элементов. Унификация деталей. Принцип агрегатности. Устранение подгонки

Процесс конструирования любого изделия значительно облегчается, если конструктор использует огромный предшествующий опыт проектирования, изготовления, заводской отладки и доводки образцов техники и результатов патентной проработки. Конструктивное решение будет более правильным, застрахованным от большого количества ошибок в случае использования конструктором оправдавших себя на практике основных правил и методов конструирования, в том числе на базе унификации. Под унификацией понимают многократное использование в конструкции одних и тех же элементов. Она способствует сокращению номенклатуры деталей, снижению стоимости их изготовления, улучшению эксплуатации и ремонта изделия.

В первую очередь унификации подлежат посадочные соединения (по номинальным размерам, типу посадок и качеству), резьбы (по диаметру, шагу и качеству), шлицевые и шпоночные соединения, крепежные детали и т.д. Целесообразно сокращать номенклатуру материалов, виды отделочных операций, гальванических покрытий, типы сварки, форму сварных швов и др.

Достоинства унификации хорошо проявляются и при создании машин на базе исходной модели. Данный процесс называют образованием производных машин на базе унификации. С помощью этого процесса создают машины одинакового назначения, но с различными показателями мощности и производительности или машины различного назначения, выполняющие качественно иные операции.

Необходимо добиваться максимальной унификации оригинальных деталей, что особенно важно для трудоемких и многократно повторяющихся деталей. Нередко унификация достигается только в результате целенаправленной проработки, требующей оригинальных решений.

Для реализации процесса унификации разработано несколько методов.

Метод секционирования заключается в разделении изделия на одинаковые секции и образовании производных машин соответствующим набором унифицированных секций. Секционированию хорошо поддаются транспортирующие машины (ленточные, цепные, скребковые, пластинчатые конвейеры, ковшевые элеваторы, эскалаторы), дисковые фильтры, гидравлические насосы, пластинчатые теплообменники и т.п.

В основе метода базового агрегата лежит применение базового агрегата, превращаемого в машины различного назначения присоединением к нему специального оборудования. Наибольшее распространение метод получил в дорожном и сельскохозяйственном машиностроении. Так, довольно часто базовым аг-

регатом служит автомобильное либо тракторное шасси, на котором выпускают бульдозер, рыхлитель, погрузчик, экскаватор и т.д.

При конвертировании базовую модель используют для создания агрегатов различного назначения, иногда близких, а иногда различных по рабочему процессу. Примером конвертирования может служить перевод поршневых двигателей внутреннего сгорания с одного вида топлива на другой или перевод работы поршневых воздушных компрессоров на другой газ (аммиак, фреон). Примером конвертирования агрегатов, сильно различающихся по рабочему процессу, может служить преобразование двигателя внутреннего сгорания в поршневой компрессор.

Для увеличения общей мощности или производительности установки применяют компаундирование (метод параллельного соединения машин или агрегатов). Спариваемые машины могут быть установлены рядом как независимые агрегаты либо связаны друг с другом синхронизирующими, транспортными или другими подобными устройствами.

Переделку машины с целью приспособления ее к иным условиям работы без изменения основной конструкции называют модифицированием. Оно широко применяется для машин одной конструкции, но предназначенных для работы в различных климатических условиях и сводится преимущественно к замене материалов. Так, в машинах, работающих в условиях жаркого и влажного климата (тропическое исполнение), применяют коррозионностойкие материалы и покрытия. В машинах северного исполнения используют хладостойкие материалы, а системы смазки и запуска двигателя приспособляют к работе при низких температурах.

Целесообразно конструировать узлы в виде независимых агрегатов, отдельно собираемых, регулируемых, подвергаемых обкатке, контрольным испытаниям и устанавливаемых в отработанном виде на машину. Последовательно проведенное агрегатирование позволяет осуществить параллельную и независимую сборку узлов машины, упрощает монтаж, ускоряет доводку опытных образцов, облегчает использование на новых машинах отработанных и проверенных в эксплуатации конструкций и упрощает ремонт, позволяет комплектно заменять износившиеся узлы новыми. Наиболее полно этот процесс получил отражение в конструкциях агрегатных станков, которые создают на основе универсальных блоков. Частичным агрегатированием является использование стандартизованных узлов и агрегатов из числа серийно выпускаемых (редукторы, двигатели, насосы), а также заимствование с серийно изготавливаемых изделий, узлов и агрегатов (коробок скоростей, фрикционных и т.д.).

Следует избегать установки и подгонки узлов и деталей по месту, доделки деталей в процессе сборки и установки деталей и узлов по месту с индивидуаль-

ной регулировкой их взаимного расположения. Подгонка требует применения слесарных операций или дополнительной станочной обработки. Это снижает производительность и качество сборки, расстраивает ее ритм, лишает конструкцию взаимозаменяемости. Подгоночные работы, как правило, очень трудоемки. Необходима предварительная, иногда многократная сборка узлов, промеры, проверка работы узла и последующая разборка для внесения исправлений. Каждая сборка-разборка при этом связана с операциями промывки деталей.

Устранение подгонки деталей значительно ускоряет процесс сборки машин и в конечном счете удешевляет их производство. Кроме того, при взаимозаменяемости деталей запасными частями можно быстро заменять ту или иную поврежденную деталь машины.

Основным способом устранения подгонки является сохранение необходимой точности деталей при их изготовлении.

16 Пути обеспечения качества разрабатываемых изделий

Существует ряд принципов улучшения качества изделия, которые могут быть полезны в работе конструктора. Их применение связано с анализом конструкции изделия. Сущность конструктивно-технологического анализа состоит в том, чтобы расчленить изделие на отдельные конструктивно-функциональные элементы. При анализе этих элементов устанавливается слабое звено изделия и принимаются решения по улучшению его качества.

Для определения качества изделия изучаются плановые показатели качества, параметры качества, включенные в техническое задание на разработку, сопоставляется теоретическое качество изделия с практическим, достигаемым в производстве. Важным источником информации о качестве изделия являются рекламации и перспективные требования заказчиков.

Большое влияние на срок службы изделий оказывает их физический износ (потеря первоначальных эксплуатационных свойств, вызванная влиянием механических, химических, термических и других факторов воздействия). Изнашивание деталей начинается, как правило, с поверхностного слоя. Поэтому конструктор должен обеспечить равномерные свойства поверхностного слоя не только по ширине, но и в глубине поверхности. Отсутствие равномерности приводит к структурной концентрации напряжений. Износ деталей обычно бывает неравномерный. Часто большие и тяжелые детали выходят из строя из-за износа небольших поверхностей. Для устранения местных повреждений поверхности, выводящих из строя всю деталь, необходимо знать приемы устранения этих повреждений. Факторы, снижающие качество изделий и выводящие их из строя, могут быть следующие: поломка; пластические деформации, вызванные повышением напряжений свыше предела текучести; повреждение поверхностей в результате монтажа, концентрации напряжений; удары; отсутствие жесткости; коррозия; износ абразивный, кавитационный, химический, электроэрозионный; потеря точности и др.

Мероприятия, увеличивающие долговечность узлов и деталей, делятся на три части: конструктивные, технологические и организационные.

К *конструктивным принципам увеличения долговечности* относится разработка рациональной кинематической схемы. Выполнению этой задачи способствуют некоторые рекомендации, которыми целесообразно пользоваться при разработке [5]:

- упрощение схемы, устранение неоправданной сложности, уменьшение числа звеньев механических передач от двигателя к рабочим органам увеличивает надежность и уменьшает потери;
- применение индивидуальных гидро-, пневмо- и электроприводов отдель-

ных узлов и механизмов;

- уменьшение ступеней преобразования энергии;
- замена механизмов с возвратно-поступательным прямолинейным движением механизмами с вращательным движением;
- уменьшение нагрузки в пусковой период за счет эластичных муфт и в период останова за счет электродинамического торможения;
- применение автоматического управления пуском и остановом, а также сменных рабочих органов;
- создание установок непосредственного воздействия энергии на обрабатываемый материал;
- концентрация мощности в одном агрегате, улучшающая коэффициент полезного действия машины;
- оптимальное расположение опор;
- применение устройств, защищающих от механических, климатических и электрических перегрузок, предохранительных и самовыключающих устройств, исключающих аварии и поломки при эксплуатации;
- применение блокировки для устранения несовместимых движений.

Применение *конструктивных принципов устранения износа* может значительно увеличить долговечность отдельных деталей и механизмов и тем самым повысить качество изделия в целом. К ним относятся [5]:

- правильный и дифференцированный выбор материала;
- уменьшение давления путем перевода точечного контакта в линейный, линейного – в поверхностный;
- замена трения скольжения трением качения;
- разъединение поверхностей трения во время движения (применяется в точных делительных механизмах);
- передача силы многими параллельно работающими поверхностями (многодисковые муфты и вариаторы и др.);
- придание трущимся поверхностям формы, приближающейся к форме естественного износа (применяется в червячных парах);
- применение принципа равномерного изнашивания трущихся поверхностей (обеспечение поворота колец подшипников и втулок);
- распределение сил, вызывающих изнашивание, с более ответственных деталей на менее ответственные;
- применение средств защиты от попадания абразивных частей в трущиеся поверхности (уплотнения, грязеуловители);
- заключение механизмов в корпуса вместо открытого исполнения;
- применение оптимальных зазоров в сопряжениях, а также устройств компенсации или самокомпенсации износа (регулируемые подшипники, конические

втулки с вырезами, передвигаемые конические клинья в направляющих);

- расположение трущихся поверхностей не в корпусах, а на легко заменяемых деталях (в корпусных деталях выполняются втулки для пар трения и резьбовых сопряжений);

- устранение вибраций или динамических нагрузок путем уравнивания узлов при помощи маховиков, пружин, амортизаторов;

- замена полужидкого или полусухого трения жидкостным;

- смазывание под давлением вместо смазывания самотеком, а также непрерывное по всем точкам износа;

- обеспечение полного устранения соприкосновения поверхностей путем гидродинамического и аэродинамического смазывания;

- применение устройств для очистки смазывающей среды (полнопоточные фильтры, магнитные сепараторы и др.).

Конструктивные принципы ремонтпригодности [5]:

- свободный доступ для ремонта и замены быстроизнашивающихся деталей;

- самостоятельное конструктивное оформление механизмов и сборочных единиц, позволяющее внедрить узловый метод ремонта;

- создание блочных и агрегатных конструкций;

- минимальное число конструктивных связей у деталей и сборочных единиц, подлежащих замене;

- минимальное число конструктивных связей для полной разборки изделия;

- отсутствие необходимости применения специальных сборочных приспособлений и приспособлений для разборки.

Технологические принципы увеличения качества и долговечности [5] направлены в основном на поверхностный слой и структуру материала изделия:

- термохимическое упрочнение поверхностей (закалка, цементация, нитрование, цианирование, борирование и др.) и механическое упрочнение поверхностного слоя (наклеп, дробеструйная обработка и др.);

- уменьшение шероховатости поверхностей и выбор шероховатости поверхностей в зависимости от материала, характера и скорости движения, смазывания, вида обработки и др.;

- устройство поверхностей трения с разными физико-механическими свойствами, уменьшающими изнашивание;

- покрытие поверхности защитным слоем (гальванические покрытия, оксидирование, покрытие пластмассами, резиной и др.);

- наплавка более качественного материала (металлизация в вакууме, наплавка твердыми сплавами и др.);

- изготовление заготовок и деталей штамповкой.

Организационные принципы увеличения качества [5] включают:

- увеличение масштаба выпуска изделий путем унификации конструкции, что создает условия для применения более совершенного метода производства;

- применение нормализованных и стандартизованных деталей и узлов;

- выделение групп деталей с одинаковым сроком службы, кратным сроку службы изделия;

- дублирование слабых звеньев конструкции;

- подбор смазочного материала, устраняющего задиры и применение мало-вязких масел для быстроходных механизмов;

- испытание опытного образца;

- организация ускоренных испытаний на долговечность.

Технологические принципы увеличения долговечности и некоторые конструктивные принципы связаны с повышением трудоемкости изготовления изделия. В связи с этим конструктор должен избегать того, чтобы изделие обладало излишней долговечностью (желательно, чтобы узлы, механизмы и детали изделия в равной степени имели долговечность, незначительно превышающую срок службы изделия в целом).

17 Конструирование литых деталей

Литье широко применяют для изготовления фасонных деталей от мелких до самых крупных (типа базовых и корпусных). У многих машин, таких как металлорежущие станки, компрессоры и других масса литых деталей составляет 60-80% массы машины.

Литьем можно получать детали самой сложной конфигурации, не выполнимые другими способами формообразования. Литейный процесс производителен и недорог. Для литых деталей характерны пониженная прочность по сравнению с деталями, полученными иными способами, например, ковкой; разные значения механических показателей в разных участках отливки; склонность к образованию пустот и внутренних напряжений. Качество отливки зависит от способа литья, выбор которого определяется реальными возможностями производства и наличием оборудования, необходимым объемом производства, сложностью конфигурации и габаритными размерами детали, свойствами литейного сплава, необходимой точностью отливки.

Применяют следующие способы литья.

Литье в песчаные (земляные) формы является наиболее распространенным и универсальным способом литья и практически единственным способом изготовления крупногабаритных отливок. Формовку проводят по деревянным или металлическим моделям в опоках, набиваемых песчано-глинистыми смесями. Внутренние полости образуют стержнями, формируемыми в стержневых ящиках из песчаных смесей с крепителями. Точность размеров отливки зависит от качества изготовления формы и свойств литейного сплава (отклонение от номинальных размеров в среднем составляет $\pm 7\%$). Шероховатость поверхности $Rz = 10\div 40$ мкм.

Литье в оболочковые формы осуществляют по металлическим моделям в виде оболочек толщиной 6-15 мм из песчаных смесей с терморезактивной смолой (бакелит) и отверждают нагревом до 150-350 °С. Применяют преимущественно для отливки открытых (корытных, чашечных) деталей размером до 1000 мм. Точность размеров при этом составляет $\pm 5\%$, шероховатость поверхности $Rz = 10\div 20$ мкм.

Кокильным называют литье, при котором металл, обычно цветные сплавы, заливают в постоянные чугунные или стальные формы (кокили). Внутренние полости образуют либо металлическими стержнями (при отливке деталей малых размеров), либо песчаными (при отливке средних и крупных деталей). Точность отливок составляет $\pm 4\%$, шероховатость поверхности $Rz = 10\div 20$ мкм.

Центробежное литье применяют для получения цилиндрических полых деталей типа труб. Металл заливают во вращающиеся чугунные или стальные ба-

рабаны, где он уплотняется под действием центробежных сил. Точность размера толщины стенки зависит от точности дозировки подачи металла. Шероховатость поверхности отливки $Rz = 10 \div 40$ мкм.

Литье под давлением обеспечивает высокую точность размеров ($\pm 1\%$), малую шероховатость поверхности и наименьшую толщину стенки отливки при высокой производительности. Металл (преимущественно легкие сплавы) заливают в постоянные стальные формы под давлением при 3-5 МПа. Для отливки стальных и чугунных деталей пресс-формы необходимо изготавливать из жаропрочных сталей. Шероховатость поверхности отливки при этом составляет $Rz = 2,5 \div 10$ мкм.

Литье по выплавляемым моделям также отличается высокой точностью размеров ($\pm 2\%$) и малой шероховатостью поверхности. Модели изготавливают из парафина, стеарина или воска, заливая последние под давлением в металлическую форму. Модели соединяют в блоки, покрывают тонким слоем огнеупорного состава, заформовывают в неразъемные песчаные формы и прокаливают до выполнения моделей. В образовавшиеся полости заливают металл. Шероховатость поверхности отливки при этом составляет $Rz = 6,3 \div 10$ мкм.

Литье по газифицируемым моделям позволяет получить точные отливки практически без ограничений по конфигурации (вплоть до цельнолитых круглозвенных цепей с сомкнутыми звеньями). В неразъемные песчаные формы заформовывают модели из пенополистирола, которые при заливке металла газифицируются; при этом пары и газы уходят через поры и вентиляционные отверстия.

Точность изготовления отливок характеризует отклонение их геометрических размеров и массы от номинальных значений.

Требования по точности отливок для всех видов сплавов регламентирует ГОСТ 26645-85. Классы точности размеров и масс в порядке понижения точности бывают: 1, 2, 3т, 3, 4, 5т, 5, 6, 7т, 7, 8, 9т, 10, 11т, 11, 12 и определяются способом литья, типом металла или сплава и наибольшим габаритным размером отливки. Класс размерной точности и наибольший габаритный размер обуславливают допуск на размер.

Пределные отклонения коробления зависят от наибольшего габаритного размера отливки.

Припуски (на сторону) на механическую обработку устанавливают в зависимости от допусков на размер отливки, задавшись рядом припуска.

Точность отливки указывают на ее чертеже. Ее указывают также на чертеже детали в случае, если на этом чертеже нанесены размеры отливки.

Точность отливки характеризуют класс точности размеров, степень коробления, степень точности поверхности и класс точности массы.

Например, отливку 8-го класса точности размеров и 7-го класса точности массы, 5-ой степени коробления и 5-го разряда припусков на обработку обозначают так:

Точность отливки 8-7-5-5 ГОСТ 26645-85.

Точность отливки определяет минимально допустимые толщины ее стенки, фланцев и бобышек.

Чем толще стенка, тем больше разница между прочностью сердцевины и прочностью поверхностных слоев металла. Поэтому увеличение толщины стенок не сопровождается пропорциональным увеличением прочности отливки. Отсюда следует нецелесообразность увеличения прочности путем повышения толщины стенки. Меньшую массу отливки при требуемых прочности и жесткости можно обеспечивать, выполняя стенки минимально допустимой толщины и вводя их в ребрение. Рекомендуемая минимальная толщина стенок S при литье в песчаные формы для различных литейных сплавов в зависимости от приведенного габаритного размера детали L представлена на рисунке 8.

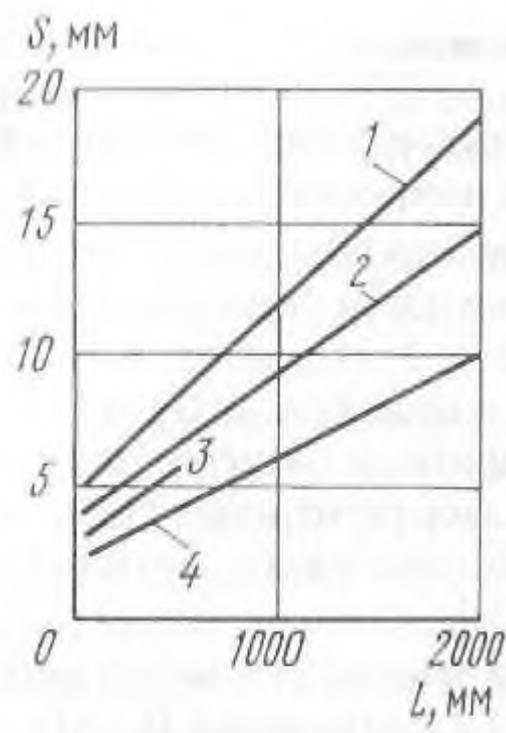


Рисунок 8 – Минимальная толщина стенки при литье в песчаные формы отливок из стали (1), серого чугуна (2), бронзы (3), алюминиевых сплавов (4) [11]

Размер L вычисляют по формуле:

$$L = (2l + b + h)/3,$$

где l , b , h – длина, ширина и высота детали.

При литье в оболочковые формы можно получить толщину стенки 2,5...10 мм, при литье в кокиль – 2...12 мм, при центробежном литье – 2...20 мм, при литье под давлением – 0,5...10 мм, при литье по выплавляемым моделям – 0,5...20 мм.

Конфигурация литых деталей должна обеспечивать свободное извлечение готовой отливки из литейной формы. Поднутрения на внешних и внутренних контурах, препятствующие удалению детали из формы, можно обнаружить методом световых теней (рисунок 9, а). Теневые зоны будут отсутствовать (рисунок 9, б), если плоскости выступающих частей детали расположить перпендикулярно плоскости разъема формы.

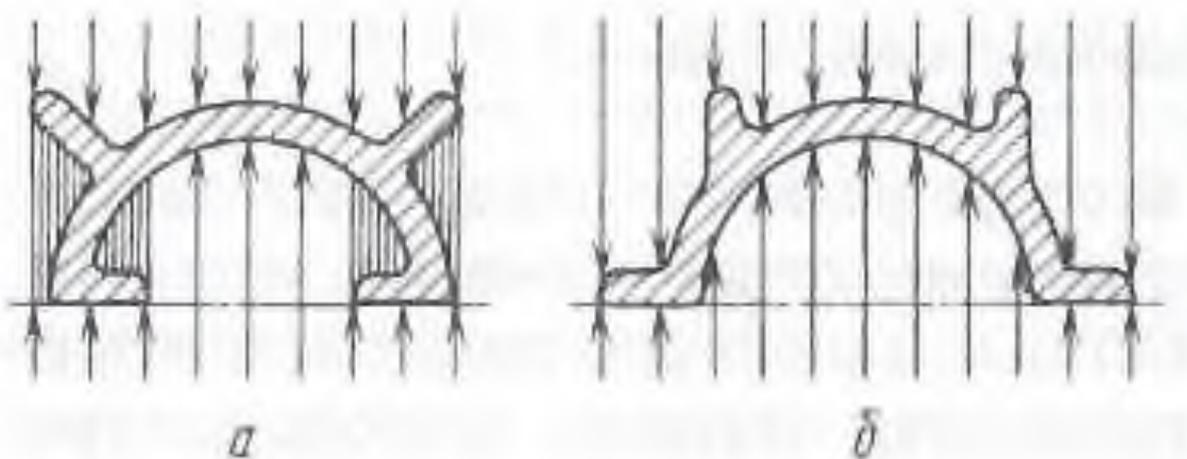


Рисунок 9 – Отливка, у которой теневые зоны (стрелками обозначен световой поток) имеются (а) (они заштрихованы) и отсутствуют (б) [11]

Литейная форма будет иметь один простой разъем, если нет теневых участков. В этом случае стоимость изготовления отливки получается наименьшей, а точность отливки – высокой.

Для облегчения удаления готовых деталей из формы предусматривают формовочные уклоны (конусность на поверхностях вращения) на необрабатываемых поверхностях, расположенных перпендикулярно к плоскости разъема формы. Уклоны выполняют в зависимости от толщины стенки в сторону ее уменьшения или увеличения.

Способы обеспечения формовочных уклонов представлены на рисунке 5. Так, если $S < 8$ мм, то уклон (а:Н) делают в сторону увеличения толщины рисунок 10, а. При $S = 8...12$ мм, а также при $H > 100$ мм толщину уменьшают и увеличивают на участках, равных $H/2$ (рисунок 10, б). При $S > 12$ мм и $H < 100$ мм уклон получают за счет уменьшения толщины (рисунок 10, в).

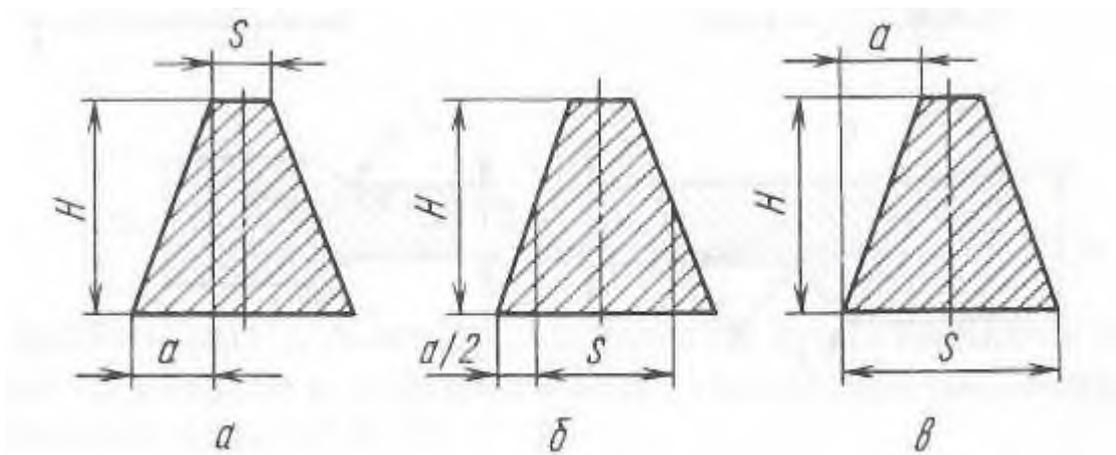


Рисунок 10 – Способы обеспечения формовочных уклонов при $S < 8$ мм (а), $S = 8 \dots 12$ мм и $H > 100$ мм (б), а также при $S > 12$ мм и $H < 100$ мм (в) [11]

Значения формовочных уклонов зависят от высоты H и способа литья.

18 Конструирование сварных соединений

Сварные соединения – это неразъемные соединения, получаемые посредством установления межатомных связей между материалами свариваемых деталей при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии факторов.

На практике используют более шестидесяти способов сварки, при использовании которых материал соединяемых деталей расплавляется (дуговая, газовая, электроннолучевая и др.), деформируется без нагрева (холодная, взрывом и т.п.) или нагревается и пластически деформируется (контактная, газопрессовая, высокочастотная и т.п.).

Свое название способы сварки получили в зависимости от вида используемого источника нагрева (газовая, под флюсом, в вакууме и т.д.), степени механизации (ручная, полуавтоматическая, автоматическая), формы сварного соединения (точечная, шовная и пр.).

Среди способов сварки плавлением наиболее распространена дуговая сварка, при использовании которой электрическая дуга, образующаяся между электродом и деталями, является источником теплоты для местного расплавления материалов соединяемых элементов.

В случае, когда сварные швы имеют значительную длину, наиболее производительной является автоматическая сварка под флюсом. Широко распространена, но менее производительна дуговая сварка в углекислом газе, позволяющая накладывать сварные швы во всех пространственных положениях. Этими видами сварки соединяют детали из углеродистых и низколегированных сталей.

Сварку в среде инертных газов (аргона или гелия) плавящимся или вольфрамовым электродами успешно применяют для соединения деталей из высоколегированных сталей, различных сплавов со специальными свойствами и цветных металлов.

Большое распространение получила электрошлаковая сварка, при реализации которой основным источником теплоты является расплавленный шлак, разогретый сварочным током, проходящим от электрода к изделию. Электрошлаковой сваркой соединяют детали неограниченной толщины.

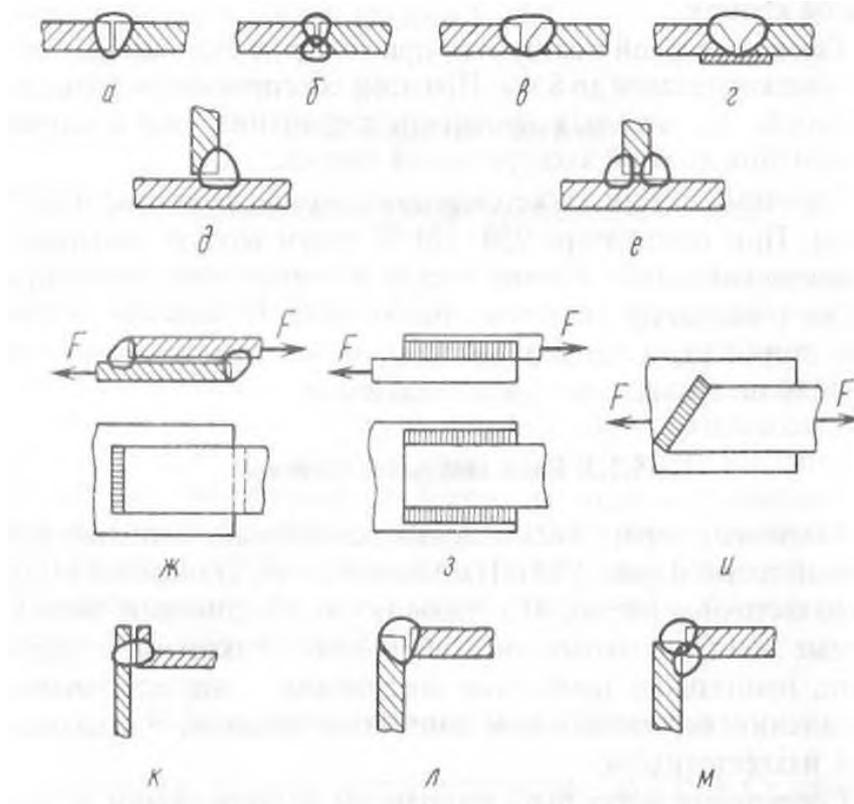
Легированные стали, алюминиевые и медные сплавы, тугоплавкие и неметаллические материалы (графит, керамика и др.) хорошо соединяются в вакуумных камерах электронным лучом, а также посредством диффузионной сварки. В вакуумных камерах возможно получение соединений дуговой сваркой неплавящимся электродом (например, молибденовым) в парах металла.

При использовании контактной сварки разогрев может происходить за счет пропуска тока непосредственно через стык (контактная стыковая сварка)

или электроды, между которыми зажимаются соединяемые детали (точечная и роликовая электросварка), либо за счет теплоты, выделяемой при трении деталей друг о друга (контактная сварка трением). Контактную сварку применяют в крупносерийном и массовом производствах для соединения деталей из углеродистых и легированных сталей, алюминиевых и других сплавов.

Менее распространены такие способы сварки, как холодная при помощи спекания, диффузионная в вакууме, ультразвуком и др.

Различают четыре вида сварных соединений, выполняемых дуговой сваркой (рисунок 11): 1) стыковое (а-г); 2) тавровое (д, е); 3) нахлесточное (ж-и); 4) угловое (к-м). Соединения, выполненные электрошлаковой сваркой, бывают стыковыми и тавровыми, проплавные пробочные соединения – нахлесточными, соединения, осуществляемые контактной сваркой, - стыковыми и нахлесточными.



а, б – стыковое без скоса кромок односторонним и двусторонним швом соответственно; в – то же со скосом одной кромки односторонним швом; г – то же со скосом двух кромок и подкладкой односторонним швом; д, е – тавровое без скоса кромок односторонним и двусторонним швом соответственно; ж – нахлесточное лобовыми швами; з – то же фланговыми швами; и – то же косыми швами; к – угловое с отбортовкой кромок односторонним швом; л, м – то же без скоса кромок односторонним и двусторонним швом соответственно

Рисунок 11 – Виды сварных соединений [11]

Соединения могут быть выполнены непрерывными и прерывистыми сварными швами с промежутками по длине.

При сварке только с лицевой стороны деталей получают односторонний шов. Шов является двусторонним, если сварку осуществляют с лицевой и оборотной сторон деталей.

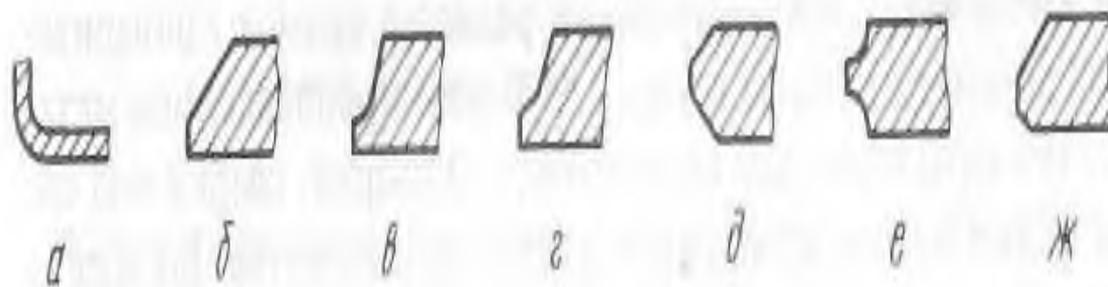
Различают прерывистые сварные швы с шахматным или цепным расположением свариваемых участков.

Точечный шов является разновидностью прерывистого шва с круглыми или продолговатыми отверстиями под сварку.

По положению в пространстве швы разделяются на нижние, вертикальные, горизонтальные и потолочные.

По числу проходов сварочной дуги сварные швы подразделяются на однопроходные или многопроходные.

По форме подготовки кромок различают швы: с отбортовкой, без скоса кромок, со скосом одной кромки, со скосом двух кромок, с криволинейным скосом двух кромок, с двумя симметричными скосами одной кромки, со скосом одной кромки, со скосом двух кромок, с криволинейным скосом двух кромок, с двумя симметричными скосами одной кромки, с двумя несимметричными скосами одной кромки, с двумя симметричными скосами двух кромок и др. Формы подготовки кромок при сварке встык представлены на рисунке 12.



а – с отбортовкой; б – со скосом; в – с криволинейным скосом;

г – с ломаным скосом; д – с двумя скосами;

е – с двумя симметричными криволинейными скосами;

ж – с двумя несимметричными скосами

Рисунок 12 – Формы подготовки кромок при сварке встык [11]

По характеру выполнения швы бывают односторонними (односторонний провар) и двухсторонний (провар с двух сторон).

Основные типы, конструктивные элементы, размеры и условные обозначения сварных соединений стандартизованы (таблица 1)

Таблица 1 – Основные стандарты по сварным соединениям [12]

ГОСТ	Наименование
5264-80	Ручная дуговая сварка. Соединения сварные
8713-79	Сварка под флюсом. Соединения сварные.
11533-75	Автоматическая и полуавтоматическая дуговая сварка под флюсом. Соединения сварные под острыми и тупыми углами
11534-75	Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами
14771-76	Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные
14776-79	Дуговая сварка. Соединения сварные
14806-80	Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах. Соединения сварные
15164-78	Электрошлаковая сварка. Соединения сварные
15878-79	Контактная сварка. Соединения сварные
16310-80	Соединения сварные из полиэтилена, полипропилена и винипласта
23518-79	Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами
23792-79	Соединения контактные электрические сварные

На рабочем чертеже сварной детали сварной шов изображают сплошной линией, а сварную точку – знаком «+». Свариваемые элементы штрихуют в разные стороны (не путать со сборочным чертежом изделия, где сварные швы также изображают сплошными линиями, но все элементы сварной детали штрихуют в одну сторону). От изображения шва или точки проводят линию-выноску с односторонней стрелкой. На изломе линии-выноски могут быть даны указания о выполнении шва при монтаже изделия или о выполнении шва по замкнутой линии. На полке-выноске наносят условное обозначение сварного шва, которое включает: номер стандарта на тип соединения, буквенно-цифровое обозначение типа соединения, способ сварки (допускается не указывать), для угловых швов также знак в виде треугольника, размер катета шва, длина привариваемого участка прерывистого шва и его шаг (для сварной точки указывают ее диаметр), а затем вспомогательные знаки, характеризующие обработку шва после сварки.

При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение наносят у одного из изображений (рисунок 13, а) и его нумеруют, а от изображений остальных одинаковых швов (рисунок 13, б) проводят линии выноски с полками, на которых указывают тот же порядковый номер. Количество одинаковых швов (пусть их число, например, равно 26) допускается указывать на линии выноске, имеющей полку с нанесенным обозначением (рисунок 13, а).



Рисунок 13 – Обозначения на чертежах одинаковых швов [11]

При наличии на чертеже швов, выполняемых по одному и тому же стандарту, обозначение стандарта указывают в технических требованиях чертежа.

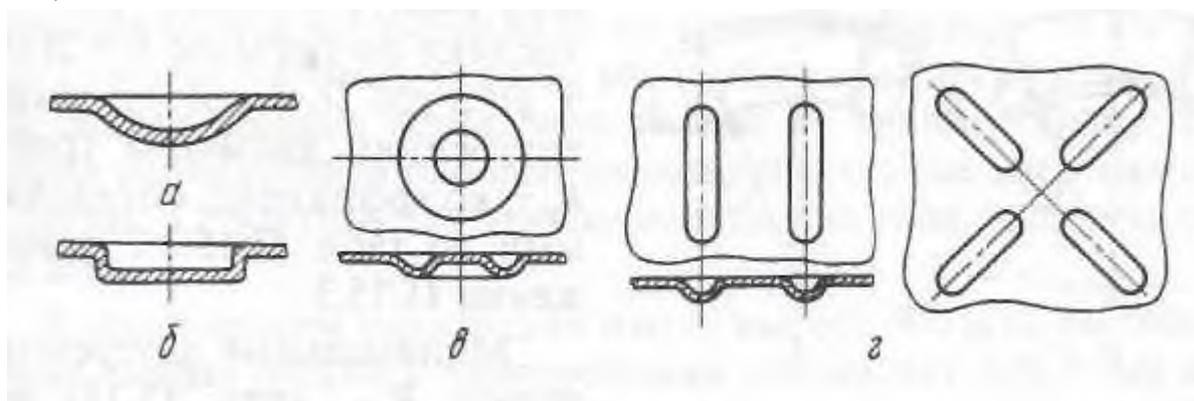
Допускается не присваивать порядковый номер одинаковым швам, если на чертеже они изображены с одной стороны (лицевой или оборотной). При этом швы, не имеющие обозначения отмечают линиями-выносками без полок.

Допускается не отмечать на чертеже швы линиями-выносками, а приводить указания по сварке записью в технических требованиях чертежа, если эта запись однозначно определяет места и способы сварки, типы сварных соединений и размеры их конструктивных элементов в поперечном сечении, а также расположение швов.

19 Конструирование штампованных деталей

Снизить массу машины можно, применяя листовые штампованные конструкции. Пониженную прочность и жесткость тонколистовых конструкций компенсируют приданием скорлупчатых и створчатых форм, выдавливанием рельефов (выдавок), отбортовкой, введением связей, приваркой профилей жесткости.

Выдавки имеют форму углублений. Они бывают в виде глухой сферической отбортовки, конической и цилиндрической выдавки, кольцевой выдавки, рифтов, которые могут быть размещены параллельно или крестообразно (рисунок 14).



а – глухая сферическая отбортовка; б – цилиндрическая выдавка;
в – кольцевая выдавка; с – рифты параллельные и крестообразные

Рисунок 14 – Типы выдавок [11]

Рекомендации по конструированию отбортовок следующие:

$$R=1,5S+1 \text{ мм}; H \geq 1,5R \text{ (рисунок 15).}$$

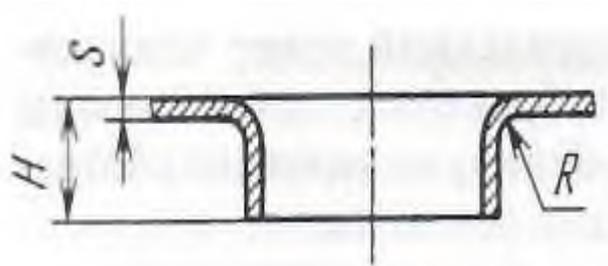


Рисунок 15 – Размеры отбортовок [11]

Детали из пластичных материалов (низкоуглеродистые стали, дюралюмины) при толщине листов не более 3-4 мм изготавливают холодной штамповкой, при толщине листов более 4 мм используют горячую штамповку.

Для операций вырубки, пробивки и отрезки при холодной штамповке требуются малопластичные материалы с отношением $\frac{\sigma_T}{\sigma_B} > 0,8$.

Для операций гибки и вытяжки необходимы пластичные материалы с указанным отношением $\frac{\sigma_T}{\sigma_B} \leq 0,65$.

Детали из малоуглеродистой стали могут быть изготовлены вырубкой при толщине $S \leq 25$ мм и пробивкой $S \leq 35$ мм. Неметаллические материалы (текстолит, гетинакс, органическое стекло) хорошо вырубается при $S \leq 1,5$ мм.

При вырубке в штампах допуск на ширину полос и размеры отверстий назначают не выше 12-13-го квалитета точности при $S = 3 \dots 5$ мм и 14-16-го квалитета при $S > 5$ мм.

Минимальный внутренний радиус гибки R_{\min} для стальных листов из стали Ст3 составляет $(0,1 \dots 0,5)S$ в отожженном или нормализованном состоянии и $(0,1 \dots 1,0)S$ в наклепанном состоянии, где S – толщина листа.

Первая цифра в скобках соответствует сгибу поперек волокон, вторая – вдоль волокон материала. Для алюминиевых сплавов АМг3, АК4-1, Д1, Д16 и бронзы БрБ2 (мягкая) $R_{\min} = 0,35S$, для латуни Л-90 (мягкая), а также меди марок М1, М2, М3 $R_{\min} = 0,35S$.

Минимальный радиус гибки полуфабрикатов круглого и квадратного сечений приведен в справочниках.

Минимальный радиус R гибки труб вычисляют по формуле:

$$R = 2(D+d)k_T,$$

где D, d – наружный и внутренний диаметры трубы;

k_T – коэффициент, определяемый по таблицам из справочников.

Минимальный внутренний радиус R_{\min} (рисунок 16) при гибке на ребро уголков из стали и алюминиевых сплавов в холодном состоянии зависит от расположения полки. Так, если полка выполнена внутри уголка, то $R_{\min} = 10b$, если снаружи, то $R_{\min} = 8b$.

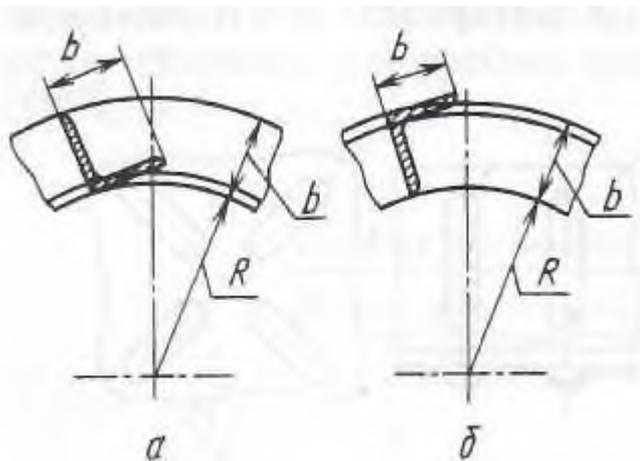


Рисунок 16 – Минимальные радиусы гибки уголков с внутренним (а) и наружным (б) расположением полки [11]

20 Количественная оценка технологичности конструкторских изделий. Последовательность и содержание работ по обеспечению технологичности конструкции изделия

Технологичность конструкции изделия – это совокупность свойств конструкции, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве. Эксплуатации и ремонте для заданных качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Необходимость обработки конструкций деталей и изделий на технологичность в целом диктуется рядом требований современного машиностроительного производства: постоянно растущим объемом агрегатного монтажа узлов механизмов и оборудования, развитием систем модульного проектирования на базе типизации, унификации и стандартизации; широким использованием ЭВМ, обеспечивающим высокий уровень анализа конструктивных решений в различных вариантах использования организацией широкого обмена опытом в области создания технологичных конструкций между различными отраслями машиностроения.

При обработке конструкции изделия (детали) на технологичность ее следует рассматривать как комплексный объект – объект проектирования, производства и эксплуатации. Чтобы можно было планировать технологичность изделия и управлять формированием признаков технологичности, ГОСТ 14.201-83 устанавливает количественную оценку технологичности, основанную на системе показателей: базовых показателях технологичности, устанавливаемых в техническом задании на проектируемое изделие; показателях технологичности, достигнутых при разработке конструкции; уровне технологичности (отношение достигнутых показателей к базовым).

Выбор показателей технологичности – сложная инженерная задача. Одним из показателей технологичности изделия может служить его материалоемкость. Показатель материалоемкости определяют по формуле

$$K_M = Q_H / Q_{ЗАГ},$$

где K_M – коэффициент использования материала;

Q_H - масса изделия, кг;

$Q_{ЗАГ}$ – общая масса заготовки на изделие, кг.

Наиболее технологичным вариантом конструкции изделия детали будет тот, для которого значение K_M наиболее близко к единице.

При конструировании деталей необходимо ориентироваться на предполагаемые технические способы обработки их поверхностей и отдавать предпочтение таким конструктивным формам и элементам деталей, которые наиболее

полно удовлетворяют выбранным способам изготовления деталей, обеспечивая высокие показатели точности, производительности и экономичности. Соблюдение этих условий особенно важно для серийного и массового производства, а также при изготовлении деталей на станках с ЧПУ и в условиях ГПС.

Под технологичностью конструкций литых заготовок понимают совокупность свойств, позволяющих получать качественные отливки с минимальными затратами труда, средств, материалов и времени в принятых условиях производства, обеспечивая необходимую плотность стенок, точность размеров, механические и эксплуатационные свойства, определяющие функциональное назначение литой детали, а также обеспечение технологичности изготовления из литой заготовки детали механической обработкой.

При конструировании литых деталей необходимо учитывать все современные достижения литейной технологии, т.е. конструирование литых деталей должно быть тесно увязано с предполагаемой технологией их изготовления. Следовательно, конструктор литой детали должен иметь представление о технологических процессах изготовления отливок, руководствоваться общими принципами, отражающими специфику технологического процесса при проектировании литых деталей.

При разработке технологий литой детали конструктору приходится учитывать много различных факторов, влияющих на технологичность. К ним относят физико-химические, литейные, специальные и другие свойства; технологические особенности выбранного способа изготовления отливки – точность размеров, шероховатость поверхностного слоя, припуск на механическую обработку, структуру и механические свойства отливки, сложность ее конфигурации и т.д.; максимальное уменьшение массы отливки, что достигается улучшением конструктивной проработки детали (расчетом конструктивных элементов детали, унификацией использованием сплавов с более высокими показателями механических свойств), а также повышением точности размеров отливок, уменьшением припусков на механическую обработку, уменьшением толщин стенок и т.д.

Оценка технологичности конструкции осуществляется коэффициентом использования металла (КИМ), коэффициентом необработанной поверхности (КНП), коэффициентом габаритности (К) и другими показателями.

Коэффициент использования металла – отношение массы готовой детали ($M_{\text{д}}$) к массе заготовки (M_3). Он показывает количество металла, удаляемое при механической обработке отливки ($\text{КИМ} = M_{\text{д}} / M_3$). Показатель КНП = $F_{\text{н}} / F_{\text{общ}}$ – отношение необработанной поверхности ($F_{\text{н}}$) ко всей поверхности $F_{\text{общ}}$ – характеризует геометрическую точность изготовления детали и качество ее поверхностного слоя. Показатель $A \cdot B \cdot V / M_{\text{отл}}$ – отношение произведения габаритных размеров (A – длина, B – ширина, V – высота отливки, дм) к массе отливки

($M_{\text{отл}}$, кг) – показывает влияние произведения габаритных размеров на технологичность отливки. Чем меньше этот показатель, тем технологичнее отливка.

В технологичных конструкциях литых деталей должны быть предусмотрены простые, прямолинейные контуры, облегчающие изготовление литейной оснастки и самих отливок; минимально допустимые толщины стенок в различных сечениях отливок, обеспечивающие необходимую прочность элементов конструкции и хорошую заполняемость полости формы расплавленным металлом без образования дефектов по недоливам и спаям; плавные переходы и сопряжения, ребра жесткости и другие конструктивные элементы, способствующие снижению остаточных напряжений и предупреждению усадочных дефектов; достаточное количество окон и отверстий для прочного крепления стержней при оформлении внутренних полостей, удобства удаления стержней из отливки и выполнения других отделочных операций; конструктивные уклоны на боковых поверхностях, обеспечивающие изготовление отливок без искажения контуров формовочными уклонами и увеличением массы отливок за их счет. Кроме того, отливки на наружной поверхности не должны иметь выступающих частей, тонкостенных ребер, глубоких впадин, закрытых полостей и поднутрений, затрудняющих изготовление литейной формы, очистку и обрубку отливок.

При проектировании сварных заготовок следует учитывать требования к технологичности их изготовления. Под технологичностью понимают выбор такого конструктивного оформления заготовок, которое обеспечивает удобство и простоту изготовления любыми видами сварки и при различных режимах, автоматизацию и механизацию максимального числа операций технологического процесса; низкую себестоимость процесса сварки за счет экономии сварочных материалов, повышения производительности и высокого уровня механизации, сведения к минимуму искажений формы, вызываемых тепловым и механическим воздействиями при сварке.

Чтобы улучшить технологичность изделий и тем самым снизить его себестоимость, необходимо произвести технологический контроль по ГОСТ 2.121-73. Технологический контроль направлен на соблюдение в разрабатываемых изделиях установленных технологических норм и требований с учетом современного уровня развития данной отрасли техники и способов изготовления, эксплуатации и ремонта изделия. Технологичность изделия обеспечивается совместными усилиями конструктора и технолога. Технологическому контролю подлежат, как правило, конструкторская документация основного, так и вспомогательного производства. Поступающая на технологический контроль документация должна быть проверена разработчиком и проверяющим.

Отработка конструкции на технологичность и технологический контроль конструкторской документации – звенья одного и того же процесса. Техноло-

гичность изделий заложена в конструктивное исполнение отдельных деталей и узлов изделия, в их геометрической форме, свойствах поверхностей, материале и т.д. Поэтому устранение ошибок и недоработок технологического характера требует больших трудозатрат и порой вызывает существенную переработку всей конструкторской документации.

Лучше не допускать ошибок, и технологический контроль документации связать с отработкой конструкции на технологичность, не откладывая его до полной разработки документации. ГОСТ 2.121-73 рекомендует производить технологический контроль в два этапа:

- I – проверка оригиналов текстовых и графических документов;
- II – проверка в подлинниках текстовых и графических документов.

Чтобы отработка на технологичность конструкторской документации проводилась последовательно и систематически, технологический контроль необходимо проводить на всех стадиях разработки, что позволяет достичь наилучших результатов.

На *стадии технического предложения* проверяется правильность выбора варианта конструктивного решения в соответствии с требованиями технологичности.

На *стадии эскизного проекта* проверяется:

правильность выбора принципиальной схемы конструкции, обеспечивающей простоту компоновки изделия и технологичность;

рациональность конструктивности решений с точки зрения простоты изготовления;

обеспечение преемственности конструкции;

правильность расчленения изделия на составные части, обеспечивающие удобство обслуживания, монтажа и регулировки;

установление номенклатуры основных марок материалов и соответствие всех марок установленному перечню;

возможность применения рациональных методов обработки для наиболее сложных деталей.

На *стадии технического проекта* проверяется:

возможность проведения сборки и контроля изделия и его основных составных частей независимо и параллельно;

удобство и доступность мест сборки;

возможность исключения или доведения до минимума механической обработки при сборке;

возможность обеспечения необходимой взаимозаменяемости сборочных единиц;

выбор элементов конструкции сборочных единиц (основных составных

частей) с точки зрения их технологичности;

оптимальность номенклатуры контролируемых параметров, а также методов и средств их контроля;

возможность применения стандартных методов выполнения и контроля.

Технологический контроль рабочей конструкторской документации выясняет следующие вопросы:

технологичность деталей в зависимости от технологичности сборочных единиц; технологичность сборки как изделия в целом, так и его составных частей (в том числе сварных конструкций), технологичность механически обрабатываемых, литых, горячештампующих, холодноштампующих и термически обрабатываемых деталей;

возможность разделения сборочной единицы на составные части, сборку которых целесообразно производить параллельно; наличие сборочных баз; удобство сборки и разборки;

возможность уменьшения числа и объема пригоночных операций.

На стадии разработки рабочей конструкторской документации проверяется выполнение технологических рекомендаций, данных на предыдущих стадиях разработки.

В зависимости от количества и содержания разрабатываемой конструкторской документации технологический контроль может проводиться одним контролером или контролерами, специализирующимися на разных видах документации или видах изделий. С целью лучшего контроля выполнения рекомендаций, предложенных контролером на предыдущих стадиях разработки, целесообразно, чтобы технологический контроль изделия в целом или его части производил один и тот же технолог.

Документы, предъявляемые на технологический контроль, должны быть комплектными. Комплектность должна относиться ко всем документам, которые разрабатываются на соответствующей стадии разработки. Документы, предъявляемые на технологический контроль, должны быть подписаны в графах «Разработал» и «Проверил». При отсутствии этих подписей, а также некомплектной и небрежно выполненной документации весь материал, переданный на проверку, возвращается разработчику. Если документ проверяет один контролер по всем параметрам, он подписывает документ в графе «т. контроль» основной надписи. Если контроль документа производят разные контролеры – каждый по его части, то они подписываются на поле документа, а в графе основной надписи подписывается старший по должности контролер. Исправлять и изменять подлинник, подписанный контролером и не сданный в архив, без согласия контроля не допускается. Изменение документации после сдачи в архив производится на общих основаниях согласно ГОСТ 2.503-2013.

21 Ошибки при конструировании

Чертежи являются носителем информации об изделии, его конструкции, размерах, материалах, специальной обработке и, косвенно, о технологии изготовления. Чертеж обеспечивает конкретное и однозначное выполнение детали, так как информация, заложенная в чертежах, является обязательной для исполнителя. Только безошибочное выполнение чертежа обеспечивает изготовление годной детали. По данным статистического анализа неисправностей машин, 60 – 90 % этих неполадок связаны с ошибками разработок и изготовления. Большая часть ошибок обнаруживается в процессе изготовления и первого испытания изделий. Часть ошибок выявляется только в процессе эксплуатации через продолжительное время, сокращая межремонтный период изделия или ресурс его работы в целом.

Причины возникновения ошибок заложены в сущности процесса конструирования. Творческий процесс конструирования является идеальным процессом в воображении конструктора. На основании данных технического задания, проведенных исследований, информационных материалов и практического опыта конструктор создает мысленный образ изделия, который находит свое отражение в чертежах. Но между замыслом конструктора и реальным его воплощением стоит ошибка даже при самом тонком проникновении в проблему. В процессе конструирования конструктору приходится считаться с целым рядом требований и ограничений. Эти факторы часто противоречивы и не позволяют создать тот образец, к которому стремился конструктор. Любую конструкцию можно рассматривать как несовершенную, отстающую от мнимой идеальной конструкции – эталона. Эталон воплощает все то лучшее, что дают научно-технические достижения. Удаление реального качества изделия от эталона служит критерием совершенства конструкции. Если удаление больше, чем средний инженерно-технический уровень данного времени, то конструкцию можно считать ошибочной.

Ошибкой является отклонение результата проектирования от принятых норм, заранее заложенных в технических условиях и ограничениях, отклонение от эталона или объективного закона, существующего в природе. Различают явные (очевидные) и скрытые ошибки.

Явные (очевидные) ошибки легко обнаруживаются при сравнении конструкции с эталоном или при проверке ее по объективным законам математики, физики, механики и другим законам, которые известны рядовому инженеру. К явным ошибкам относятся ошибки размерных цепей, прочности, отклонения параметров (силы, скорости, давления и др.) Явные ошибки обнаруживаются при контроле технической документации аналитическими или графическими мето-

дами, известными рядовому инженеру. *Скрытые ошибки* не обнаруживаются проверкой и появляются, как правило, в новых разработках, где применяется не проверенный практикой рабочий принцип или не имеется достаточного количества информации для внедрения уже известного принципа. В таких конструкциях обыкновенные методы контроля и анализа не дают ответа или дают неправильный, искаженный ответ на вопрос работоспособности и пригодности конструкции. Скрытые ошибки выявляются после выполнения специальных расчетов или выработки экспертных заключений крупных специалистов. В таких случаях выгодно построить экспериментальную модель, при испытании которой выявится большинство скрытых ошибок.

Причины возникновения ошибок в технической документации могут быть самыми разнообразными: незнание, ошибочное суждение, неспособность охватить все вопросы, халатность, равнодушие и др. Ошибки в конструкторской документации классифицируют по следующим группам:

- I – конструкционные ошибки;
- II – ошибки в расчетах;
- III – ошибки в размерах.

К группе I относятся следующие ошибки.

1. Ошибки, вызванные неверным направлением разработки. Эти ошибки заложены уже в техническом задании на разработку и возникают из-за неверного понимания той работы, которую изделие должно выполнять, или процессов, для которых оно создается. Такие ошибки должны раскрываться уже в начальных стадиях разработки: в техническом предложении, эскизном проекте. Разработчику дается право на критический анализ технического задания и выявление всех неточностей и погрешностей в нем. Значительную роль в этом процессе играют начальники групп, бюро, главные инженеры проектов, которые отвечают за правильность направления конструкторских разработок. Ошибки неверного направления разработок относятся к скрытым ошибкам и не всегда выявляются при контроле конструкторской документации и проверке ее соответствия требованиям технического задания.

2. Ошибки в функции применения проектируемого изделия. Новые изделия должны соответствовать своим функциям, быть эффективными и надежными.

3. Ошибки в соответствии проектируемого изделия физиологическим требованиям обслуживающего персонала. Формы, размеры и устройства управления должны обеспечить удобное и надежное управление.

4. Ошибки в выборе материала, когда свойства материала и его технологическая обработка не обеспечивают нормальную и надежную работу всех узлов и механизмов.

5. Ошибки в выборе формы деталей. Форма деталей способствует их изготовлению из материала, указанного в чертеже, наиболее эффективными технологическими методами.

6. Ошибки использования материала. Материал может быть использован нерационально с излишней толщиной стенок, ребер и т.д.

7. Ошибки в оценке психологических и социальных сторон нового изделия. Конструкция должна соответствовать новым требованиям эксплуатации, учитывать желания человека, требования моды, соответствия окружающей среде и др.

8. Ошибки эстетического характера и несоответствия изделия требованиям техники безопасности. Внешний вид изделия должен быть приятным и соответствовать функциональному применению. Температура, шум, вибрации изделия должны в пределах нормы.

К группе II относятся следующие ошибки.

1. Ошибки в расчетах прочности. В результате этих ошибок размеры опасных сечений могут получаться неоправданно малыми или большими. При заниженном размере опасного сечения происходит преждевременный выход изделия из строя или его поломка. Если опасное сечение увеличенное, неоправданно растет масса изделия и расход материала. Эти ошибки основываются на недостаточной или ошибочной оценке реально действующих сил в изделии, принятии неверной расчетной схемы, методики расчетов или допущении ошибок в расчетах.

2. Ошибки в расчетах на жесткость. Эти ошибки приводят к вибрациям, которые превышают допустимые нормы. В результате вибраций изделие не может выполнить свои функции.

3. Ошибки в кинематических расчетах. В результате изделие не будет соответствовать параметрам, на которые оно рассчитано.

К группе III относится наибольшая часть ошибок.

1. Ошибки в расчетах размерных цепей. Они возникают при неверном расчете размеров и допустимых отклонений, в том числе при неверном определении хода механизма (рисунки 17 и 18).

2. Ошибки в определении размера узкого места механизма. В результате этого возникает случай, когда изделие невозможно собрать. Причина ошибки: неточный расчет, при котором не было учтено место для сборочных работ.

3. Ошибки из-за халатности разработчика. Ошибки могут быть допущены при расчете размера или при записи правильно рассчитанного размера и допустимого отклонения к нему.

Ошибки данной группы обнаруживаются при проверке чертежей и проявляются как несоответствие указанного размера фактическому значению элемента

конструкции в указанном масштабе.

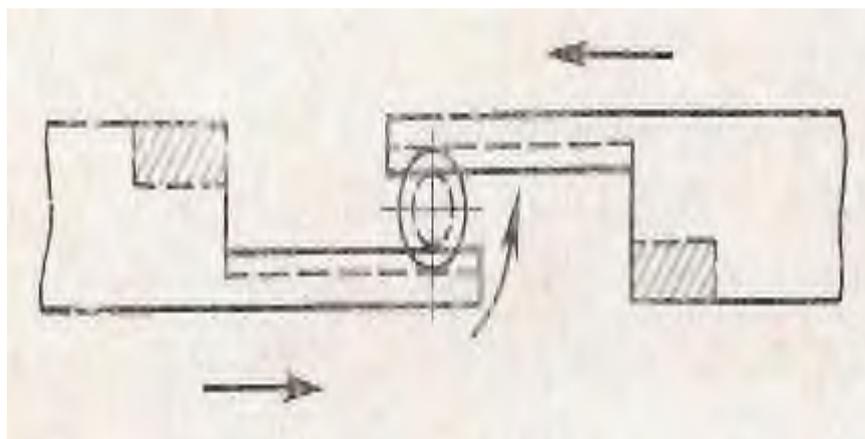


Рисунок 17 – Ошибки конструкции: не предусмотрены места для относительного взаимного перемещения зубчатых реек; необходимо срезать заштрихованные места [5]

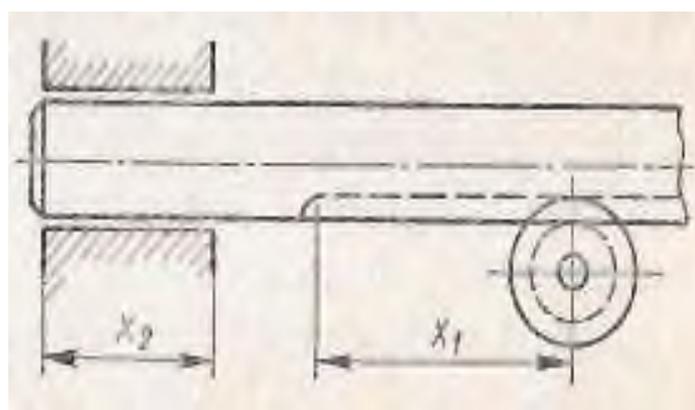


Рисунок 18 – Ошибки конструкции: длина зубчатой рейки недостаточна, так как перемещение рейки x_1 больше длины опоры x_2 [5]

Ошибка данной группы обнаруживается при проверке чертежей и проявляется как несоответствие указанного размера фактическому значению элемента конструкции в указанном масштабе.

Правильная постановка размеров и допустимых отклонений в чертежах является важным процессом, свидетельствующим о качестве технической документации. Размеры и допустимые отклонения в чертежах определяют точность сборочного процесса; взаимозаменяемость узлов и изделий; применение рациональных технологических процессов при изготовлении деталей.

Хорошие знания разработчиком технологии изготовления и сборки (базирования, установки, зажима, инструмента, операций, переходов) позволяют правильно и безошибочно проставить размеры в чертежах. Рационально выбранные

размеры и предельные отклонения могут уменьшить трудоемкость изготовления детали на 15 – 20 %, не изменяя ее конструкции.

Ошибки, допускаемые разработчиком в конструкторской документации, зависят от направленности его внимания и психического состояния на период разработки.

Они часто связаны со спешкой и небрежностью. Все допущенные ошибки должны быть своевременно выявлены и исправлены до сдачи конструкторской документации в производство. Надежная система обнаружения ошибок создает благоприятные условия для того, чтобы не допустить ошибок вообще.

Появление ошибок в конструкторской документации обусловлено, как правило, определенными мотивами. По признакам возникновения ошибки могут быть мотивированные и немотивированные.

Мотивированные ошибки имеют определенную базу возникновения. Они как бы имеют логическое обоснование для их возникновения, связанное с незнанием или рассеянностью разработчика. Мотивированные ошибки могут быть связаны также с масштабом чертежа. Чаще всего размеры проставляются по натуральной величине чертежа, хотя изображение выполнено в увеличенном или уменьшенном масштабе. Иногда размеры и допустимые отклонения отверстий устанавливаются на валах, а размеры и допустимые отклонения валов – на отверстиях. Отверстия и вал могут иметь разные номинальные размеры и т.п. Иногда проставляются неверные размеры из-за ошибочно выполненного изображения, разреза или сечения. Рассеянность разработчика может привести к простановке размера на другой размерной линии, что определенно приведет к ошибке. Иногда не учитывается длина хода механизма, место для сборки и т.п.

Немотивированными ошибками называют случайные ошибки, которых никак нельзя объяснить.

При оценке влияния ошибок необходимо рассмотреть конструкцию в неразрывной связи ее с целевым назначением и применением. Здесь значение имеют такие факторы, как серийность выпуска изделия, ответственность конструкции и др. Анализ ошибок показывает, что ошибки имеют относительный характер, зависящий не только от объективных факторов, но и от опыта и квалификации эксперта, который определяет ошибку. Изделия, разработанные для изготовления в единичном производстве, будут ошибочными для серийного выпуска и наоборот. Очень трудно оценить ошибки экономического характера, а ошибки социального характера выявляются только после определенного периода эксплуатации.

Знание разработчиком причин возникновения ошибок, основных видов конструкторских ошибок позволяет целенаправленно их избегать. Конструктор в своих разработках должен отработать определенный стиль и порядок работы,

чтобы максимально не допустить возникновения ошибок. Мощным рычагом улучшения качества проектирования и устранения всякого рода ошибок является применения системы автоматического проектирования (САПР). Применение машинного способа проектирования исключает участие в этом процессе человека, который может ошибаться. Безошибочно составленный и проведенный алгоритм автоматического проектирования служит гарантией, что выходные параметры системы также не будут иметь ошибок.

22 Качества, которыми должен обладать конструктор

Для успешного создания нового технического объекта конструктор должен обладать необходимым объемом знаний в данной области техники, навыками и умением конструирования, уметь гибко пользоваться методами создания новых технических решений, уметь абстрактно мыслить и логически рассуждать.

Знания – система понятий, усвоенных человеком. Объем и качество знаний, необходимых конструктору, определяются его квалификационными характеристиками и делятся на две группы [5]:

- общие знания, необходимые для проектирования любых машин (весь комплекс политехнических знаний, лежащих в основе квалификации инженера: детали машин, металловедение, теоретическая механика, сопротивление материалов и т.д.);

- специальные знания, связанные со специфическими условиями работы проектируемого объекта (знания технологических, конструкторских, эксплуатационных особенностей отрасли, к которой относится новое изделие).

На знаниях основаны навыки (способности в процессе целенаправленной деятельности выполнять составляющие ее частные действия автоматически, без специально направленного на них внимания) и умения (способности человека продуктивно, с должным качеством в соответствующее время выполнять свою работу). Хороший конструктор может получиться при комбинациях черт его личности, характерных для ученых-исследователей, математиков и творческих личностей, а также практиков, остро чувствующих потребности жизни [10].

Важную роль в реализации найденного технического решения играют не только теоретические знания разработчика, но и опыт в части разработки конструкторской документации, наладки, испытаний и доводки опытных образцов аналогичных технических объектов [6]. В конструкции вновь создаваемого изделия всегда имеются детали или сборочные единицы при конструировании которых могут быть использованы применяемые ранее проверенные решения, знание которых позволяет конструктору сократить сроки проектирования, а также увеличить надежность изделия. После проектирования определенных деталей машин, механизмов и изделий при повторных их выполнениях конструктор справляется со своими задачами быстрее, с меньшими умственными напряжениями. То есть, знания, навыки и умения способствуют процессу конструирования.

Для создания оригинальных технических решений конструктор должен обладать аналитическим складом ума, позволяющим объективно оценивать слабые и сильные стороны создаваемых конструкций с точки зрения выполнения поставленной задачи.

Люди, любящие «ходить нетрадиционным путем», способны предлагать

конструктивные решения, отличающиеся новизной [10]. Обладающий опытом создания новых, сложных технических решений конструктор уже на стадии проектирования интуитивно чувствует, какие элементы в конструкции могут не заработать нужным образом и уже на стадии рабочего проектирования разрабатывает несколько вариантов конструкции новых механизмов, узлов, агрегатов машины [6]. Под интуицией конструктора понимается сплав его пространственного воображения, теоретических знаний, практического опыта в области разработки конструкторской документации, выполнения расчетов, подтверждающих работоспособность конструкции, и доводки опытных образцов новой техники. Такой специалист способен не только создавать сложные образцы новой техники, но и организовать вокруг себя инженерный коллектив единомышленников, успешно решающий поставленные задачи в установленные сроки, что очень важно для предприятия в реальных производственных условиях.

Пространственное воображение имеет решающее значение в работе конструктора, так как наличие его позволяет составлять и читать чертежи. Пространственное воображение может быть улучшено человеком с помощью практических занятий, что достигается решением задач по начертательной геометрии и изучением чертежей разных конструкций. Проверка на пространственное воображение является лимитирующей проверкой при определении профессиональной пригодности конструкторов, так как известно, что не все люди могут развить пространственное воображение до необходимой конструктору степени. Отсутствие пространственного воображения у конструктора невозможно заменить логическим мышлением. Другой важный фактор, обеспечивающий конструктору успех в создании нового технического объекта – уверенность разработчика в правильности выбранных технических решений и работоспособности создаваемых конструкций и узлов, предпосылки которой, как правило, проявляются еще на стадии моделирования при выполнении технических расчетов и испытаниях натурного образца, но главная ее составляющая основывается на опыте успешной реализации оригинальных технических решений в «металле» (при изготовлении и доводке опытных образцов новых технических объектов) [6].

Конструктор, занимающийся проектированием новых технических объектов, должен:

- 1) владеть методикой проектирования изделий и уметь гибко ею пользоваться, обладая при этом абстрактным мышлением и умением логически анализировать варианты предлагаемых конструкций;
- 2) знать характерные особенности и область предпочтительного применения основных видов механизмов и типов их приводов, уметь выполнять различные расчеты, определяющие их работоспособность;
- 3) владеть современными компьютерными технологиями проектирования

сложных технических объектов;

4) грамотно использовать при проектировании современные материалы;

5) знать технологию изготовления деталей, способы сборки узлов и механизмов, обеспечивающие как их гарантируемую собираемость, так и точное и надежное функционирование в течение срока службы;

6) владеть вопросами организации процесса проектирования и определения авторского надзора за изготовлением, сборкой, наладкой и доводкой опытного образца создаваемого технического объекта.

При проектировании машин и оборудования требуется знать основные типовые конструкции отрасли, характеризующие существенный уровень техники и направления перспективного развития. К этой группе знаний относятся также знания конкретных возможностей производства, изготавливающего новое изделие. Если общие знания инженера-конструктора являются универсальными и могут находить применение в любой отрасли производства, то специальные знания теряются при переходе на работу в другую отрасль и другие проектные организации. В этом случае требуется переквалификация конструктора, соответствующая новым условиям работы.

После проектирования определенных деталей машин, механизмов и изделий при повторном их выполнении конструктор обычно справляется со своими задачами значительно быстрее и с меньшим умственным напряжением. Таким образом, знания, навыки и умение способствуют процессу проектирования. Однако кроме указанных качеств конструктор должен обладать определенными профессиональными способностями, которые выявляются в процессе конструирования и способствуют успешному созданию новых машин. Профессиональные способности – это совокупность достаточно стойких, хотя, конечно, и изменяющихся под влиянием воспитания индивидуально-психологических качеств личности человека. Для конструктора наиболее важны следующие профессиональные способности:

Техническое мышление – способность использовать весь комплекс политехнических знаний для осознания сущности технических систем и быстрой ориентации во всех технических вопросах. Развитое техническое мышление позволяет быстро понять принцип работы неизвестных ранее машин и отдельных ее узлов и механизмов, ориентироваться в общей схеме и во взаимодействии частей конструкции. Техническое мышление позволяет воспринимать любую машину как синтез функциональных узлов, определять ее назначение и находить причины неполадок в работе.

Пространственное воображение имеет решающее значение в работе конструктора, так как позволяет составлять и читать чертежи. Простейший случай пространственного воображения – составление ортогональных проекций реаль-

ного пространственного изделия. Подобную задачу конструктор решает при составлении чертежей деталей действующих машин для проведения ремонтных работ и восстановление изношенных и вышедших из строя деталей. В процессе проектирования новых изделий конструктор изготавливает чертежи деталей и узлов, реально несуществующих, но изображаемых им. Воображение сложной машины, механизма, узла, расположенных в пространстве, требуют тренировки и некоторого опыта. Конструктор должен представить себе координаты расположения этих механизмов и узлов, их кинематические и конструкторские связи. Часто допускаются ошибки в конструкции машины, связанные с отсутствием пространства для крайних положений механизмов или отсутствием возможности сборки деталей и механизмов внутри тесных корпусов. Эти ошибки вызваны отсутствием пространственного воображения. Пространственное воображение необходимо для чтения чертежей, когда из плоских проекций требуется вообразить пространственное тело со всеми особенностями его устройства и формы. Оно может быть улучшено человеком при помощи практических занятий (решением задач начертательной геометрии, изучением чертежей разных конструкций). Практика показывает, что не все люди могут развить пространственное воображение до необходимой конструктору степени, поэтому проверка на пространственное воображение является лимитирующей при определении профессиональной пригодности конструкторов.

Творческие способности позволяют конструктору создавать новые, оригинальные машины. Решая задачу, конструктор может идти двумя путями: 1) применить известные типовые решения, общепринятые схемы; 2) решить задачу творчески, стремиться все элементы конструкции выполнить по-новому, своеобразно. Эти направления и определяют труд конструктора, с одной стороны, как технического работника, выполняющего заранее разработанные схемы, и с другой стороны – как творческого работника, создающего новые конструкции на изобретательском уровне. Преобладание творческих способностей у конструкторов нередко вызвано не только объемом приобретенных знаний и накопленного опыта, но и особенностью склада личности. Такие работники ценны для разработки технического задания, в начальных стадиях проектирования, в случаях, когда поставленная задача требует нетипового решения. Творческие личности с подъемом работают на этапе создания принципов конструкции, в решении коренных вопросов разработки. Когда же эти вопросы в основном решены, у них резко уменьшается интерес к ним. Если конструкторам с яркой творческой направленностью приходится решать вопросы конструкторского труда, носящие рутинный характер, они выполняются небрежно, халатно. В результате конструкция может получиться некачественной, неработоспособной, несмотря на ее оригинальность и прогрессивность замысла. Отсутствие ярких творческих спо-

способностей не означает, что конструктор не может заниматься разработкой изделий. При знании типовых конструктивных элементов машин, стандартов, методов конструирования он может разработать новую технику средней сложности и работать под управлением более опытного специалиста. Основной объем работы конструктора не является творческим. Разработка рабочей документации – труд кропотливый, в котором больше всего ценятся исполнители.

Кроме рассмотренных способностей, позволяющих оценить деловые качества и творческий потенциал конструктора, имеется ряд характеристик творческой личности, влияющих на количественные и качественные показатели выполняемой работы.

Изобретательность – один из видов творческих способностей, это умение создавать новые, полезные в каждом конкретном случае технические решения. Изобретательности способствует чувство нового, направленный труд на принципиально новое решение проблемы. Изобретательность особенно высокоэффективна в сочетании с творческой активностью работника.

Готовность воспринять новое, необычное – умение анализировать, отбирать и использовать в разработках новое, не бояться отказываться от старых, привычных технических решений.

Смелость мысли дает возможность при решении задачи применять самые необычные и на первый взгляд невероятные способы и средства. Это открывает путь для нахождения высокоэффективных средств не только при решении научных проблем, но и при создании конструктивных решений. Чтобы смелость мысли дала максимальный эффект, нельзя ее ограничивать. Перед применением новаторских технических решений разработчика необходимо провести их анализ и экспериментальную проверку. Если имеет место предполагаемое изобретение, необходимо произвести его проработку и оформить заявку. В то же время применение в разработках непроверенных и сомнительных технических решений, имеющих определенную степень риска, не допускается. На творческую активность и смелость мысли конструктора вредно действует формальная и порой необоснованная критика со стороны руководителей разработчика.

Быстрота мыслительного процесса обеспечивает продуктивность умственной деятельности.

Гибкость мышления характеризует продуктивное переключение мыслительного процесса на другие проблемы и при этом не наносит ущерба ранее решаемым вопросам.

Умение направлять внимание на решение главных проблем. Внимание – направление психической деятельности в определенном направлении, связанным с выполняемой работой, чем больший интерес проявляется к выполняемой работе, тем меньше требуется усилий для концентрации внимания на ней.

Способность наблюдать – способность обращать внимание на то, что связано с достижением поставленной цели. Выявление главного в объекте исследований, оценка его полезности дает возможность выработать технические решения на их основе, применить эти наблюдения в новых разработках.

Развитая профессиональная память, большая ее емкость, позволяет быстрее решать конструкторские задачи. В экономном использовании памяти важное значение имеет организация процесса запоминания. Для разгрузки памяти целесообразно использовать карточки интересующих решений, делать записи данных, наброски компоновок, конструктивных решений, схем.

Умение проводить инженерный анализ означает умение поэлементно расчленять конструкцию на отдельные детали, процесс – на отдельные операции и движения для их детального изучения. Инженерный анализ позволяет оценить варианты и сравнить их.

Зрелость суждений – способность логически мыслить, принимать здравые решения. Зрелость суждений характеризуется умением видеть перспективу и правильно использовать полученные данные.

Умение принимать решения – умело использовать результаты инженерного анализа и выбирать конструкцию с оптимальными показателями.

Наличие собственной точки зрения – выработка привычки во всех вопросах, с которыми приходится сталкиваться, создать свой собственный вариант или свою оценку вопроса, даже тогда, когда ситуация этого не требует. Выработанная точка зрения должна основываться на объективных данных.

Способность выразить свои мысли правильно и ясно как в письменной, так и в устной форме. Это связано со способностью к логическим обобщениям, с умением делать необходимые заметки и принимать участие в обсуждениях, а также отчитываться по результатам своей работы.

Инициативность конструктора говорит об умении заставлять себя работать и отказываться от легких путей в решении вопросов, если это повлечет за собой ухудшение качества. Об инициативности говорит тот факт, что в целях создания более качественной конструкции изделия конструктор решает вопросы, не предусмотренные техническим заданием.

Готовность к напряженной работе говорит о способности конструктора отдавать всего себя решению определенного вопроса. Готовность к труду перерастает в склонность к труду, к увлеченности. Эта готовность способствует решению всех вопросов до конца.

Широкий кругозор конструктора означает, что он имеет принципиальные знания не только по своей специализации, но и по многим, связанным с этой специализацией вопросам. Как правило, широкий круг интересов обеспечивает широкий кругозор.

Дисциплинированность характеризует точность выполняемых конструктором руководящих распоряжений, его старательность и трудолюбие.

Критериями для определения творческого вклада конструкторов в разработках служат признаки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 - Признаки, определяющие творческий вклад конструктора [5]

Признак	Характеристика	Значимость признака, %
1	2	3
	<i>Деловые качества</i>	
Профессиональная компетентность	Уровень знаний. Получение общего и специального образования. Соответствие образования профилю выполняемой работы. Широта кругозора и общая эрудиция. Опыт работы по данной специальности. Способность научно и творчески мыслить, и действовать. Способность логично и четко излагать свои мысли. Повышение квалификации и знаний.	33,2
Ответственность за выполняемую работу	Работник не избегает ответственности и стремится к ее повышению. Ответственность основана на интуиции реальной ситуации или техническом расчете.	24,8
Самостоятельность и инициатива	Способность к восприятию и переработке разнообразной информации. Работник самостоятельно принимает решения по разным техническим вопросам, не нуждается в поддержке авторитетов. Решения сразу принимаются оптимальными для данной ситуации.	13,5
Способность решать новые вопросы и использовать новые методы в работе	Работник легко познает и осваивает новые методы работы, новые сферы инженерной деятельности. Работник разумно решает вопросы применения новых методов в своей работе. Способность работать нешаблонно, творчески. Умение научно и творчески мыслить, и действовать. Участие в рационализаторской и изобретательской работе.	8,4
Работоспособность	Способность к сосредоточенной, продуктивной работе на весь период деятельности. Психологическая уравновешенность. Усидчивость	8,4
Способность организовать и спланировать свой труд	Внутренняя собранность, умение сосредоточить внимание на главном. Способность рационально организовать свои разработки. Знание стадий разработки. Способность создать четкий порядок в работе.	6,6
Способность поддерживать контакты с людьми	Психологическая совместимость работника в коллективе. Активность в совместной работе, умение коллективно генерировать идеи. Работник является инициатором соревнования. Поддерживать контакты с людьми (сотрудниками). Личное обаяние, доброжелательность, готовность помочь товарищу.	5,1
Качество выполняемых работ	<i>Результаты труда</i> Высокий технический уровень конструкторских решений, в разработке использованы научные достижения. Высокая степень стандартизации и унификации, разработки перспективные, эко-	39,1

Продолжение таблицы 2

1	2	3
	номически обоснованные. Разработка безошибочная, аккуратная. Разработки соответствуют заданиям и требованиям правил и стандартов.	
Соблюдение срока выполнения задания	Работник выполняет в назначенный срок свои задания и старается их выполнять досрочно. После выполнения плановых заданий работник охотно берет дополнительную работу.	31,6
Число выполненных работ	Число выполненных плановых и внеплановых заданий. Творческая активность работника, его рационализаторская и изобретательская деятельность, достигнутый экономический эффект.	29,3
Степень новизны и элемент творчества	<i>Сложность выполняемых функций</i> Работник выполняет все задания творчески. Рабочий принцип разработок выполняется своеобразно, на уровне изобретений. Разработки являются обобщением мирового уровня, заимствованного из технической информации.	26,4
Степень ответственности	Количество (массовость) изготавливаемых изделий по разработанной документации. Функциональная ответственность разработанных изделий.	26,3
Степень сложности конструкторских разработок	Степень сложности конструкторской документации в зависимости от сложности проектируемого изделия. Полнота отработки конструкторской документации. Число технико-экономических расчетов проекта.	24,7
Степень разнообразия работ	Проектирование изделий разной сложности и специализаций. Выполнение разных этапов конструкторских разработок.	22,6

23 Рекомендуемый перечень литературы для самостоятельного изучения

- 1 Борисов В.И. Общая методология конструирования машин. М.: Машиностроение, 1978. 120 с.
- 2 Бушуев В.В. Практика конструирования машин: справочник. М.: Машиностроение, 2006. 448 с.
- 3 Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход. М.: Мир, 1981. 456 с.
- 4 Калинин В.И. и др. В помощь конструктору-машиностроителю. М.: Машиностроение, 1983. 288 с.
- 5 Конструирование машин: справочно-методическое пособие. Т. 1 / К.В. Фролов и др.; под общ. ред. К.В. Фролова. М.: Машиностроение, 1994. 528 с.
- 6 Конструирование машин: справочно-методическое пособие. Т. 2 / А.Ф. Крайнев и др.; под общ. ред. К.В. Фролова. М.: Машиностроение, 1994. 624 с.
- 7 Краткий справочник конструктора нестандартного оборудования. В 2-х томах. Т.1 / В.И. Бакуменко, В.А. Бондаренко, С.Н. Косоруков и др.; Под общ. ред. В.И. Бакуменко. М.: Машиностроение, 1997. 544 с.
- 8 Краткий справочник конструктора нестандартного оборудования. В 2-х томах. Т.2 / В.И. Бакуменко, В.А. Бондаренко, С.Н. Косоруков и др.; Под общ. ред. В.И. Бакуменко. М.: Машиностроение, 1997. 526 с.
- 9 Крейтер С.В., Нестеров А.П., Данилевский В.В. Основы конструирования и агрегатирования: Учеб. пособие. М.: Изд-во стандартов, 1983. 224 с.
- 10 Миндлин Я.З. Логика конструирования. М.: Машиностроение, 1969. 123 с.
- 11 Орлов П.И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие. Кн. 1. М.: Машиностроение, 1988. 560 с.
- 12 Орлов П.И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие. Кн. 2. М.: Машиностроение, 1988. 544 с.
- 13 Решетов Д.Н. Конструирование рациональных механизмов. М.: Машиностроение, 1972. 256 с.
- 14 Рот К. Конструирование с помощью каталогов: пер. с нем. В.И. Борзенко и др. / Под ред. Б.А. Березовского. М.: Машиностроение, 1995. 420 с.
- 15 Ханзен Ф. Основы общей методологии конструирования. Л.: Машиностроение, 1969. 164 с.
- 16 Чернов Л.Б. Основы методологии проектирования машин. М.: Машиностроение, 1978. 148 с.

Список использованных источников

- 1 Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Машины и агрегаты металлургического производства. Т. IV-5 / Н.В. Пасечник [и др.]; Под общ. ред. В.М. Сеницкого, Н.В. Пасечника. 2-е изд., исправл. 2004. 912 с.
- 2 Шейнбаум В.С. Методология инженерной деятельности: Учебное пособие. Н. Новгород, 2007. 360 с.
- 3 Литвинов Б.В. Основы инженерной деятельности: Курс лекций. 2-е изд., испр. и доп. М.: Машиностроение. 2005. 288 с.
- 4 Ярушин С.Г., Схиртладзе А.Г. Проектирование нестандартного оборудования: Учебник. Пермь: Пермский гос. техн. ун-т, 2004. 440 с.
- 5 Таленс Я.Ф. Работа конструктора. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1987. 255 с.
- 6 Игнатъев Н.П. Основы проектирования: учебное пособие. Азов: ООО «АзовПечать», 2011. 510 с.
- 7 Арбузов М.О., Некрасов А.Я., Соболев А.Н. Основы проектирования машин: учебное пособие. Старый Оскол: ТНТ, 2020. 284 с.
- 8 Крайнев А.Ф. Идеология конструирования. М.: Машиностроение-1, 2003. 384 с.
- 9 Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 448 с.
- 10 Основы проектирования и конструирования деталей машин: учебное пособие / В.А. Нилов, Ю.Б. Рукин, Р.А. Жилин, О.К. Битюцких. Старый Оскол: ТНТ, 2022. 312 с.
- 11 Иванов А.С. Конструируем машины шаг за шагом: В 2-х ч. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. Ч. 2. 392 с.
- 12 Детали машин: учебник / Н.А. Бильдюк, С.И. Каратушин, Г.Д. Малышев, В.Н. Ражиков и [др.]; под общ. ред. В.Н. Ражикова. СПб.: Политехника, 2015. 695 с.

ГАНИН ДМИТРИЙ РУДОЛЬФОВИЧ

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Учебное пособие

для студентов направления подготовки бакалавров
15.03.02 Технологические машины и оборудование
всех форм обучения

Подписано в печать 28.12.2021 г.		
Формат 60x90 $\frac{1}{16}$ Рег. № 231	Печать цифровая Тираж 10 экз.	Уч.-изд. л. 8,0

ФГАОУ ВО

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Новотроицкий филиал

462359, Оренбургская обл., г. Новотроицк, ул. Фрунзе, 8.

E-mail: nf@misis.ru

Контактный тел. 8 (3537) 679729.