

Полученное значение массы изделия и его предельные отклонения сравниваются с требованиями к точности массы в конструкторской документации. При несоответствии – по согласованию с конструктором, увеличивается точность массы отдельных деталей. С новыми исходными данными расчет повторяется до получения значений, соответствующих требованиям КД.

Следует иметь в виду, что технолог самостоятельно не имеет возможности изменить размеры деталей и параметры, характеризующие их точность, это прерогатива конструктора. Поэтому, обеспечение точности массы деталей и изделий в целом должно решаться на стадии конструкторско-технологической подготовки производства совместно технологом и конструктором. Это решение возможно путем изменения отдельных номинальных размеров детали и определения номинального значения массы по формуле (1) или путем корректировки допускаемых отклонений точности размеров детали посредством расчетов по формулам (3), (4) и (5).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безъязычный, В.Ф., Жуков, А.А. Плотность сплава в отливках. Особенности формирования. Статистическая оценка: монография. – Рыбинск: РГАТУ имени П.А. Соловьева, 2012. – 68 с.

2. Безъязычный, В.Ф., Воронцова, Н.С. Теоретическое исследование погрешностей массы деталей, обусловленных колебаниями размеров в пределах допуска и параметров шероховатости поверхности // Справочник. Инженерный журнал. – 2017. – № 8. – С. 38–43.

REFERENCES

1. Beziyazychny, V.F., Zhukov, A.A. *Alloy Density in Casts. Formation Peculiarities. Statistical Assessment*: monograph. – Rybinsk: Soloviyov SATU of Rybinsk, 2012. – pp. 68.

2. Beziyazychny, V.F., Vorontsova, N.S. Theoretical investigation of parts mass conditioned with dimension variations within limits of tolerance and surface roughness parameters // *Reference Book. Engineering Journal*. – 2017. – No.8. – pp. 38-43.

Рецензент д.т.н. А.Н. Прокофьев

УДК 621.9

DOI: 10.30987/article_5cf7bd2fbc4f43.90942178

Б.М. Базров, д.т.н.

(ФГБУН ИМАШ им. Благоднарова, 101990, Москва, Малый Харитоньевский пер., д.4)

E-mail: modul_lab@mail.ru

Фундаментальные основы технологической подготовки производства

В статье изложен анализ основ, на которых базируется система технологической подготовки производства, включая метод описания конструкции изделия, основы базирования, размерного анализа, оценки технологичности конструкции изделия, метод описания механизма образования погрешностей изготовления изделия, виды технологий; раскрыты их недостатки.

Ключевые слова: изделие; конструкция; деталь; базирование; размерные цепи; технологичность; погрешность; качество; технология.

B.M. Bazrov, Dr. Sc. Tech.

(FSBIS Blagonravov IMACH, 4, Maly Kharitonievsky Side Str., Moscow, 101990)

Fundamental base of technological pre-production

The paper reports the analysis of fundamentals which a system of pre-production technology is based on including a method of product design description, a dimension analysis, an assessment of product design manufacturability, a method for the description of the error formation mechanism in product manufacturing, technology kinds; their drawbacks are shown.

Keywords: product; design; part; basing; dimension chains; manufacturability; error; quality; technology.

Фундаментом технологической подготовки производства (ТПП) являются метод описания конструкции изделия, основы базирования, методы размерного анализа и оценки технологичности конструкции изделия, элементная база средств технологического обеспечения, описание закономерностей образования погрешностей изготовления изделий и виды технологий.

Задачей описания конструкции изделия (КИ) является раскрытие содержания конструкции, ее характеристик, структуры и др., т.е. все то, что влияет на технологию изготовления изделия.

Неполнота этой информации повышает трудоемкость ТПП и снижает ее качество.

Основы базирования широко используются при анализе КИ, разработке технологической оснастки, технологического оборудования, выборе технологических баз при проектировании технологического процесса, выборе схем базирования заготовок и т.д.

Метод размерного анализа применяется при анализе КИ, расчете допусков на координирующие размеры поверхностей деталей, определении и расчете операционных размеров и их допусков, исследовании механизма образования погрешностей изготовления изделий и др.

Метод оценки технологичности КИ используется для определения уровня приспособленности КИ под изготовление, возможности изготовления КИ современными технологиями, установления влияния характеристик КИ на трудоемкость его изготовления, построения эффективного процесса отработки КИ на технологичность.

Элементную базу средств технологического обеспечения используют при разработке технологических процессов, проектировании технологического оборудования, оснастки, что сказывается на их эффективности и трудоемкости разработки. Таким образом, наличие элементной базы снижает трудоемкость ТПП и повышает ее качество.

Уровень описания механизма образования погрешностей изготовления изделий, их формализация во многом определяют качество технологических процессов, снижают трудоемкость их разработки.

На организацию производственного процесса большое влияние оказывает вид технологии (единичная, типовая, групповая, модульная).

Правильный выбор вида технологии оказывает большое влияние на эффективность про-

изводства изделий.

Состояние, глубина, полнота перечисленных методов определяет эффективность ТПП.

В этой связи представляет интерес их анализ на соответствие требованиям ТПП.

Традиционный метод описания конструкции изделия заключается в разработке сборочных чертежей изделия, чертежей деталей и пояснительной записки.

К недостаткам этого метода относится отсутствие в явном виде информации о структуре КИ, наличие таких характеристик КИ, как количество унифицированных деталей и их элементов, наличие подвижных и неподвижных соединений, не представляются в табличной или иной емкой форме; отсутствие на чертежах деталей информации о функциональном назначении поверхностей, конструкторских баз координирующих размеров.

Структура КИ показывает уровень сложности конструкции, число уровней, деталей, выступающих в роли баз для других деталей, что необходимо для разработки сборочного технологического процесса.

Отсутствие в явной концентрированной форме информации о многочисленных характеристиках КИ приводит к упущению некоторых из них при ТПП, и снижают ее качество.

Отсутствие информации о функциональном назначении поверхностей деталей оказывает негативное влияние на качества маршрутного процесса.

Например, если не принимать во внимание, что у детали отверстие, торец, шпоночный паз образуют комплект баз, то эти поверхности могут быть изготовлены на разных операциях, в результате чего возникает накопление погрешностей их относительного положения, что потребует дополнительных операций для их устранения.

Отсутствие указанных на чертеже детали конструкторских баз координирующих размеров, приводит к возникновению технологических размерных цепей, что увеличивает требования к точности операционных размеров.

Всю перечисленную информацию технологи приходится устанавливать на основе анализа КИ, затрачивая много времени.

В основах базирования тоже имеют место серьезные недостатки, влияющие на качество изделий, средств технологического оснащения, технологических процессов.

К наиболее важным недостаткам относятся:

- отсутствие методики базирования предмета скрытыми базами;
- неполная номенклатура баз;

– отсутствие перечня возможных схем базирования.

При рассмотрении вопроса базирования предмета скрытыми базами, во-первых, не показано, что скрытыми базами являются элементы симметрии базируемого предмета и не приводится их перечень, во-вторых, не раскрыты механизмы формирования схем базирования предмета скрытыми базами и их реализация. Это приводит к ошибочным схемам базирования предмета и, как следствие, к погрешностям базирования.

В качестве скрытых баз следует принять элементы симметрии базируемого предмета: точки симметрии на линии; центр симметрии на плоскости; линия симметрии; центр симметрии в пространстве; плоскость симметрии; ось симметрии. Каждый из перечисленных элементов симметрии лишает предмет степеней свободы соответственно – одной; двух; двух; трех; трех; четырех.

При базировании предметов скрытой базой следует различать опорные точки и точки контакта. Наличие точек контакта объясняется тем, что опорные точки скрытых баз нематериальные (воображаемые).

Базирование предмета скрытой базой производится в самоцентрирующих устройствах. Например, при базировании диска в самоцентрирующих тисках с призматическими губками (рис.1) происходит контакт последних с диском четырьмя точками – 1, 2, 3, 4, лишая диск двух степеней свободы – перемещений по двум координатным осям, тем самым реализуя две опорные точки – 5, 6.

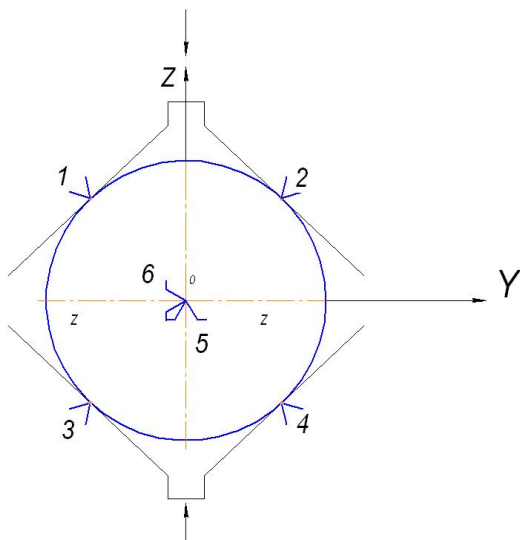


Рис.1. Схема базирования диска в самоцентрирующих «ножевых» призмах:

1, 2, 3, 4 – точки контакта; 5, 6 – опорные точки

В работе [1] отмечается неполный состав баз. Известны пять наименований баз – установочная, направляющая, двойная направляющая, двойная опорная, опорная; соответственно и пять комплектов баз. Однако существует еще одна база – трехопорная, лишаящая предмет трех перемещений по трем координатным осям.

Соответственно к пяти комплектам баз следует дополнить еще один комплект баз, образованный трехопорной базой, двойной опорной базой и опорной базой.

В работах, посвященных вопросам базирования, отсутствует полный перечень комплектов баз, не раскрыто разнообразие схем базирования. Однако каждый комплект баз может быть реализован или только явными базами, или скрытыми базами, или комбинацией явных и скрытых баз.

Тогда каждый комплект баз реализуется несколькими схемами базирования.

Чтобы учесть это обстоятельство, следует ввести понятие модуля баз, под которым понимается комплект баз, с указанием вида баз (рис.2) [2].

Устранение этих недостатков позволит существенно повысить качество проектирования оснастки, технологических процессов и снизить трудоемкость их разработок.

Главным недостатком метода размерного анализа является отсутствие формализованной методики выявления размерных цепей. Это приводит часто к неполному построению размерных цепей, ошибкам в их построении и, как результат, к неоправданному ужесточению допусков на координирующие размеры в деталях и повышению трудоемкости размерного анализа.

В задачу оценки технологичности конструкции изделия (ТКИ) входит не только определение уровня ТКИ, но и степени влияния характеристик КИ на ТКИ через трудоемкость.

Такие задачи решаются при оценке ТКИ с помощью коэффициентов технологичности.

Однако как следует из работ [3], посвященных оценке ТКИ, такой метод имеет существенные недостатки. Главным недостатком расчетных формул коэффициентов технологичности является отсутствие учета степени влияния, входящих в них характеристик КИ, на трудоемкость. В результате при одинаковых значениях разных коэффициентов технологичности, они по-разному влияют на трудоемкость изготовления КИ.

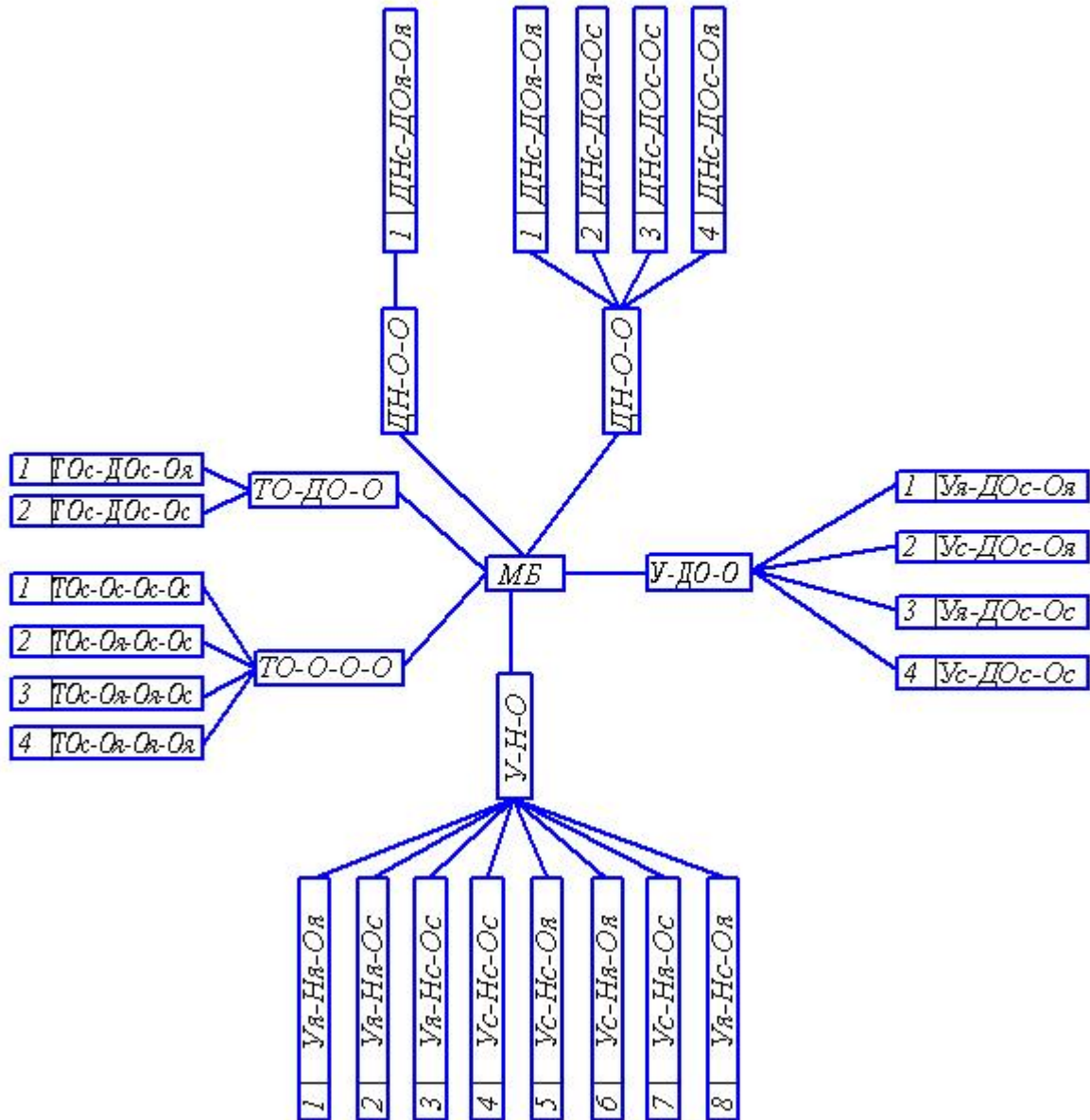


Рис. 2. Схема формирования модулей баз

В итоге не представляется возможным оценивать уровень ТКИ суммированием значений коэффициентов технологичности, нельзя выстраивать регрессивный ряд их по степени влияния на трудоемкость, что снижает эффективность процесса отработки КИ на технологичность.

Элементная база средств технологического обеспечения отличается существенными недостатками.

К главным недостаткам относятся:

- отсутствие единой отраслевой элементной базы;
- отсутствие взаимосвязей между предметами производства и средствами технологического обеспечения;

– низкий уровень организации элементной базы.

Отсутствие единой отраслевой элементной базы приводит к огромному дублированию работ по созданию средств технологического обеспечения, препятствует широкому распространению новых прогрессивных решений.

Отсутствие взаимосвязей между предметами производства и средствами технологического обеспечения приводит к их независимому развитию.

В результате при разработке технологических процессов приходится в значительной степени заново разрабатывать технологические процессы, возникают проблемы в стыковке технологических процессов со средствами технологического оснащения, приводя к

применению последних с избыточными возможностями или созданию новых.

К недостаткам организации элементной базы относится применение средств технологического обеспечения, не связанных между собой.

Технологические процессы представляются типовыми процессами, охватывающими лишь небольшую часть предметов производства.

Средства технологического оснащения, как правило, находятся в различных литературных источниках (справочниках, альбомах, рабочих материалах) и систематизированы по конструктивному признаку.

Все это затрудняет поиск требуемых решений, снижает качество и повышает трудоемкость разработок. При разработке технологических процессов они должны обеспечивать заданные характеристики предметов производства, которые обеспечиваются режимами обработки, качеством технологической системы и действующими факторами.

Описание первичных связей между ними позволяет выбирать оптимальные режимы обработки, обеспечивающие заданные требования к качеству предмета производства при максимальной производительности. Для этого необходимо описание механизма образования погрешностей изготовления.

Наиболее полно механизм образования погрешностей изготовления изделий описывается математической моделью, базирующейся на методе координатных систем с деформирующими связями [4].

К сожалению, при проектировании технологических процессов пользуются справочными данными, а не расчетами, что приводит к снижению производительности обработки.

В основе организации производственного процесса лежит вид технологии, он предопределяет тип технологического оборудования, уровень и форму организации, структуру технологических процессов, логистику движения заготовок по рабочим местам.

К недостаткам единичной технологии относится применение широкоуниверсального оборудования, отличающегося избыточными методами обработки и технологическими возможностями, низкой производительностью обработки из-за последовательного выполнения технологических переходов, низкого уровня специализации рабочих мест, сложной логистики.

Все это увеличивает трудоемкость ТПП, себестоимость изготовления изделий, увеличивает время простоя оборудования.

В задачу типовой технологии входит сокращение трудоемкости ТПП за счет сокращения замены технологических процессов типовыми процессами.

Однако при этом требуется доработка типовых технологических процессов до рабочих единичных процессов. И чем большее число наименований в группе предметов производства, изготавливаемых по типовому процессу, тем выше трудоемкость доработки рабочих технологических процессов.

К недостаткам типовой технологии относится низкий уровень классификации типов предметов производства. Существующая классификация охватывает незначительную часть предметов труда, отличается низким качеством.

Несколько лучше разработана классификация деталей типа тел вращения.

Недостатки классификаций приводят к увеличению отличия типового процесса от рабочего, в результате чего возрастает трудоемкость доработки рабочих процессов.

Другим недостатком типовой технологии является отсутствие методики определения оптимального числа типовых технологических процессов заданного разнообразия предметов производства.

В общем виде общая трудоемкость ТПП при применении типовой технологии определяется по формуле

$$T = \sum T_T - \sum T_P,$$

где T_T – трудоемкость разработки типовых процессов; T_P – трудоемкость доработки рабочих процессов.

Согласно уравнению, следует стремиться к сокращению числа типовых процессов. Однако с уменьшением типов и соответственно числа типовых процессов растет число предметов труда в группах, рабочих процессов, а из-за увеличения различия между предметами производства от типового представителя растет трудоемкость доработки рабочих процессов. Отсюда следует, что существует оптимальное число типов, при котором выигрыш в трудоемкости будет максимальным.

Третьим недостатком типовой технологии является то, что в основном типовая технология применяется при изготовлении деталей.

В задачу групповой технологии входит снижение трудоемкости изготовления изделий в условиях мелкосерийного производства за счет увеличения серийности производства.

К недостаткам групповой технологии относится высокая трудоемкость ТПП, требования к постоянству номенклатуры выпускаемых

изделий, обеспечение высокой повторяемости технологических групп, увеличение сложности организации производства.

Повышение трудоемкости ТПП объясняется необходимостью разработки технологических групп, усложнением технологической оснастки, сложностью планирования запуска технологических групп.

Необходимость постоянства номенклатуры выпускаемых изделий объясняется тем, что с изменением номенклатуры изделий приходится создавать новые технологические группы, модернизировать технологическую оснастку рабочих мест, вносить изменения в запуск технологических групп.

Потребность в длительности повторяемости технологических групп объясняется необходимостью окупить дополнительные затраты, связанные с применением групповой технологии.

Совершенствование единичной, типовой и групповой технологий малоэффективно, так как их недостатки носят принципиальный характер и не могут быть устранены.

Это объясняет появление нового вида технологии – *модульной технологии*.

В модульной технологии в качестве предмета производства приняты модули изделия: модуль поверхности (МП) при изготовлении деталей и модуль соединения (МС) при сборке изделий.

Применение модульной технологии позволит объединить преимущества единичной, типовой и групповой технологий, сводя к минимуму их недостатки.

Модульный технологический процесс разрабатывается сразу как единичный процесс, учитывающий все особенности предмета производства; типизация осуществляется на уровне технологии изготовления МП, МС.

Объединение изделий в технологические группы производится по объектам МП или МС, не требует значительной доработки в ТПП при изменении номенклатуры выпускаемых изделий.

Конечное разнообразие конструкций МП и МС позволит создать единую элементную базу средств технологического обеспечения на модульном уровне, что снизит трудоемкость ТПП и повысит ее качество.

В заключение следует отметить, что для кардинального повышения эффективности ТПП необходимо дальнейшее развитие фундамента ТПП, направленное, в первую очередь, на устранение отмеченных недостатков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Базров, Б.М.** Теория и практика базирования в машиностроении // Вестник машиностроения. – 2017. – № 4. – С. 5-10.
2. **Базров, Б.М.** К вопросу развития теории базирования в машиностроении // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2016. – № 11(65). – С. 20-25.
3. **Базров, Б.М.** Расчет точности машин на ЭВМ. – М.: Машиностроение, 1984. – 256 с.

REFERENCES

1. Bazrov, V.M. Basing theory and practice in mechanical engineering // *Bulletin of Mechanical Engineering*. – 2017. – No.4. – pp. 5-10.
2. Bazrov, V.M. To the problem of basing theory development in mechanical engineering // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2016. – No.11(65). – pp. 20-25.
3. Bazrov, V.M. *Machine Computer Aided Calculation*. – M.: Mechanical Engineering, 1984. – pp. 256.

Рецензент д.т.н. Е.С. Киселёв

