МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

УНИФИКАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ ПОСТРОЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ И ТИПОРАЗМЕРНЫХ РЯДОВ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ОБЩЕМАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

РД 50—632—87

Цена 20 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва
1987

gost.e-ecolog.ru

1. Детали машин - унификация
2. контроль качества

УДК 389.6

Группа Т51

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Унификация изделий. Построение параметрических и типоразмерных рядов деталей и сборочных единиц общемашиностроительного применения

РД 50—632—87

ОКСТУ 410000

ОКС 01.110, 21.020

Дата введения 01.07.88

Настоящие методические указания распространяются на детали и сборочные единицы общемашиностроительного применения (далее — изделия) и регламентируют методические положения и содержание работ по построению параметрических и типоразмерных рядов указанных объектов при их унификации и стандартизации.

Методические указания не распространяются на изделия, проектируемые и изготовляемые по заказам министерства обороны.

Методические указания полностью или частично могут быть использованы для построения параметрических и типоразмерных рядов деталей и сборочных единиц специального применения, а также различных финальных изделий (машин, оборудования, приборов и прочее; далее — оборудования). Однако в этих случаях следует рассмотреть вопрос о необходимости доработки целевых функций и ограничений для оптимизации и целесообразности применения других методов оптимизации.

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями комплекса документов по методам оптимизации качества продукции и требований стандартов [5—7, 9].

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Основные показатели изделия определяют набором основных параметров, среди которых выбирают главный.

Определение термина «главный параметр» — по ГОСТ 23945.0—80.

Главный параметр должен определять или быть тесно связан с основным показателем функционального назначения изделия, обладать стабильностью и быть увязан с другими основными параметрами и экономическими показателями изделия. Главный параметр не должен зависеть от технологии и качества изготовления изделия, применяемых материалов, видов оборудования и т. п.

© Издательство стандартов, 1987

Как правило, главный параметр изделия должен быть один.

Набор основных параметров должен быть минимальным, обеспечивающим определение важнейших показателей изделия.

1.2. Параметрический ряд изделий по ГОСТ 23945.0—80 — упорядоченная совокупность числовых значений параметра изделий.

Параметрический ряд строят для изделий определенного класса, подкласса, вида или типа, что должно быть четко определено в названии ряда, позволяющем установить область его распространения.

1.3. Параметрические ряды строят по главному параметру изделия (ряд главного параметра), а также по каждому в отдельности основному параметру (ряды основных параметров).

1.4. После построения ряда главного параметра и рядов основных параметров изделия строят типоразмерный ряд.

Типоразмерный ряд изделия по ГОСТ 23945.0—80 — упорядоченная совокупность наборов числовых значений основных параметров, характеризующих типоразмеры изделий, числовые значения главных параметров которых находятся в параметрическом ряду.

Например, ряд главного параметра плоских цилиндрических зубчатых колес с прямым зубом строят по значениям модуля. Типоразмерный ряд колес указанного типа содержит при каждом значении модуля конкретный набор значений основных параметров — числа зубьев, длины зуба, диаметра посадочного отверстия.

1.5. Построение параметрических и типоразмерных рядов должно производиться с их оптимизацией.

1.6. Оптимизацию производят по критерию минимума приведенных народнохозяйственных расходов или максимума прибыли.

В отдельных случаях (обеспечение специальных требований безопасности, охраны окружающей среды, социальных требований и т. п.) допускается проведение оптимизации по неэкономическим критериям.

1.7. Оптимальный параметрический (или типоразмерный) ряд изделий — параметрический (или типоразмерный) ряд, содержащий совокупность значений (или наборов значений) параметра, определяющих ряд изделий, который удовлетворяет заданную потребность в изделиях современного технического уровня с наименьшими приведенными народнохозяйственными расходами (или наибольшей прибылью) на этапах жизненного цикла изделий.

1.8. Перед построением оптимального ряда должен быть определен рациональный технический уровень изделия либо соответствующие требования к уровню значений параметров должны быть внесены непосредственно в математическую модель оптимизации (в целевую функцию или в ограничения).

Методика установления рациональных значений основных удельных показателей технического уровня деталей и сборочных

единиц общемашиностроительного применения (ОМП) приведена в рекомендуемом приложении 1.

Методика установления рациональных значений удельных показателей технического уровня унифицированных зубчатых колес приведена в рекомендуемом приложении 2.

1.9. Числовые значения параметра в ряде должны, как правило, соответствовать числовым значениям одного или нескольких рядов предпочтительных чисел по ГОСТ 8032—84 или нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636—69. Числовые значения параметров, которые могут принимать только определенные дискретные значения (число зубьев зубчатых колес и т. д.), выбирают ближайшими к соответствующим предпочтительным числам.

В технически обоснованных случаях (при модульном проектировании и т. п.) допускается отклонение от системы предпочтительных чисел.

1.10. Структура ряда в виде ступенчатой геометрической прогрессии или ее частного случая — геометрической прогрессии, является предпочтительной.

В технически обоснованных случаях (применение принципов строительных конструкций, модульное проектирование и т. д.) могут быть допущены структуры в виде арифметических, ступенчатых арифметических прогрессий и др.

1.11. После построения оптимального ряда в него, при наличии технических обоснований, могут быть внесены коррективы (например, один из типоразмеров расчетного ряда может быть заменен массово изготовляемым типоразмером с близким к расчетному значением параметра, может быть дополнительно введен какой-либо типоразмер для замены при ремонтах ранее изготовленных и находящихся в эксплуатации изделий и т. д.).

При внесении существенных изменений следует произвести сравнительный расчет народнохозяйственных расходов по исходному и скорректированному рядам и принимать окончательное решение с учетом величины потерь, вызываемых корректировкой расчетного ряда.

1.12. Иногда из-за специфики изделия в качестве его главного или одного из основных параметров может быть принята характеристика, непосредственно зависящая от качества изготовления и эксплуатации применяемых материалов и т. п., т. е. значение параметра может в некоторой степени изменяться при изготовлении или эксплуатации (например, за главный параметр двигателя внутреннего сгорания принята мощность). Обычно указанная ситуация возникает при выборе в качестве главного параметра силовой характеристики. В подобных случаях с целью, чтобы составные части, в которых благодаря усовершенствованиям повышено значение главного параметра, не рассматривались как нестандартные (неунифицированные), в документе, регламентирующем параметрический ряд, следует указать допуск (обычно плюсовой) на рост параметра.

1.13. Построение параметрических рядов изделий проводят при их унификации и стандартизации в масштабах всего народного хозяйства, нескольких его отраслей (межотраслевой уровень), одной отрасли (отраслевой уровень), экономического района (региональный уровень), производственного объединения или предприятия (уровень предприятия).

Конечным результатом построения оптимальных параметрических рядов, как правило, должно являться создание специализированных производств с обеспечением кооперированных поставок на соответствующем уровне (межотраслевом, отраслевом, региональном).

1.14. В зависимости от поставленной задачи по выбору номенклатуры изделий или ее созданию построение параметрических рядов производят следующим образом:

выбор типоразмеров из существующей номенклатуры (неунифицированных, унифицированных или стандартных типоразмеров — создание ограничительных стандартов или перечней);

построение закономерных рядов новых типоразмеров на основе обобщения данных о существующих неунифицированных;

построение закономерных рядов типоразмеров новых, ранее не изготовлявшихся изделий.

1.15. Целесообразна следующая последовательность этапов работ при построении параметрических и типоразмерных рядов:

выбор типов унифицируемых (стандартизуемых) изделий и установление номенклатуры главных и основных параметров;

сбор данных применяемости изделий, оценка их однородности и представительности;

анализ данных применяемости и установление диапазонов изменения параметров, в пределах которых будет строиться ряд;

установление рационального технического уровня изделий, ряд которых должен строиться (при построении новой номенклатуры типоразмеров);

построение оптимального параметрического ряда (ряда главного параметра и, при необходимости, рядов основных параметров);

построение оптимального типоразмерного ряда;

определение экономического эффекта от изготовления и эксплуатации изделий из ряда.

Методика работы по сбору и анализу данных применяемости и установлению диапазонов изменения параметров подробно изложена в [11].

1.16. Задача оптимизации параметрического (типоразмерного) ряда включает математическую модель оптимизации, состоящую из целевой функции и ограничений, и метод оптимизации.

Целевая функция представляет собой математическое описание зависимости цели оптимизации (в соответствии с принятым критерием) от различных влияющих факторов и показателей изделия на всех или основных этапах жизненного цикла.

Ограничения к задаче оптимизации — дополнительные технические или технико-экономические требования, не вошедшие в целевую функцию (из-за технических сложностей оптимизации и т. п.) и сформулированные обычно в виде неравенств.

Требования к техническому уровню изделий целесообразно формулировать в виде ограничений к задаче оптимизации.

Ограничением является также указание о выборе числовых значений параметра из предпочтительных чисел.

1.17. Построение параметрических и типоразмерных рядов и их оптимизацию производят для некоторого будущего периода. Поэтому исходные данные о диапазоне построения ряда, величине показателей технического уровня и уровня качества, потребностях в различных типоразмерах необходимо корректировать с учетом соответствующих плановых заданий и прогнозов. Эффективность построенного ряда в большой степени зависит от степени соответствия принятых прогнозных данных реальной ситуации будущего периода, для которого построен ряд.

1.18. При разработке ряда должен быть определен период упреждения и период действия документа, регламентирующего ряд. Под периодом упреждения понимают отрезок времени между проведением работы по построению ряда с осуществлением также указанных в п. 1.17 прогнозов и моментом введения в действие построенного ряда. Период действия документа, регламентирующего ряд, следует принимать в зависимости от ожидаемой величины изменений в техническом уровне изделий и спросе на них. В большинстве случаев целесообразно исходить из периода 5—10 лет.

Для деталей и сборочных единиц, по которым предполагается относительная устойчивость показателей, период действия ряда целесообразно принимать равным 10 годам.

После принятия периода упреждения и периода действия ряда построение ряда целесообразно производить по прогнозным данным о техническом уровне и спросе, определенным на середину периода действия, т. е. по прогнозам на отрезок времени, равный сумме периода упреждения и половины периода действия ряда.

Для проверки устойчивости полученного решения и возможности действия ряда в течение принятого периода необходимо произвести дополнительные расчеты оптимального ряда по прогнозным данным на начальный год периода и год, предшествующий конечному году периода. В случае, если построенные ряды не будут отличаться (или отличия будут несущественными) от ряда, построенного на середину периода, следует считать, что в соответствии с располагаемым прогнозом период действия ряда принят правильно. При существенных различиях период действия ряда следует сократить.

В случае, если период действия ряда превышает 5 лет, следует каждые 4—5 лет производить проверку его оптимальности по новым скорректированным прогнозным данным.

2. ВЫБОР ГЛАВНЫХ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

2.1. Для решения задач построения рядов отбирают основные параметры, характеризующие для деталей и сборочных единиц ОМП и специального применения габаритные размеры, основные размеры рабочих поверхностей, основные размеры взаимозаменяемости.

2.2. В качестве главного параметра для деталей и сборочных единиц ОМП и специального применения выбирают из числа основных параметров, как правило, размерный показатель, наиболее полно характеризующий несущую способность или другое эксплуатационное свойство и габарит.

Номенклатура главных и основных параметров деталей и сборочных единиц приведена в обязательном приложении 3.

2.3. В отдельных случаях, когда изделие является многофункциональным, оно может быть охарактеризовано двумя (или более) главными параметрами. В этом случае строят типоразмерный ряд первого порядка — по совокупности главных параметров и типоразмерный ряд второго порядка, включающий также наборы основных параметров.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ УЧЕТУ ПРИ ПОСТРОЕНИИ РЯДОВ ДЕТАЛЕЙ И СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ, И СПОСОБЫ УЧЕТА ФАКТОРОВ

3.1. Выбор технических и технико-экономических факторов, подлежащих учету при построении рядов, должен производиться исходя из необходимости установления народнохозяйственных затрат в сферах жизненного цикла изделий.

Жизненный цикл изделия — цикл, состоящий из этапов проектирования, постановки на производство, изготовления, транспортирования, применение изделия при проектировании оборудования и эксплуатации изделия.

На этапе применения проявляются такие важные для учета при оптимизации рядов факторы, как влияние размеров составной части на размеры и массу конструктивно связанных с нею других составных частей, а также на показатели материало- и энергоемкости изделия в целом.

Для оптимизации рядов изделий их жизненный цикл следует условно рассматривать как включающий этапы эксплуатации изделий того же типа, устанавливаемых взамен вышедших из строя за срок службы комплектуемого данным изделием оборудования.

3.2. Для деталей и сборочных единиц наиболее значительно влияющими при построении рядов являются факторы сферы производства (изготовления), сферы применения при проектировании оборудования и сферы эксплуатации (включая смену вышедших из

строя за срок службы оборудования). Факторы этих сфер, как правило, подлежат учету при построении оптимальных рядов деталей и сборочных единиц.

3.3. При построении параметрических рядов для расчета числовых значений различных факторов по типоразмерам ряда изменяют значение главного параметра, а значения основных параметров либо соотношение значений основных параметров и главного принимают, как правило, постоянными для всего ряда или отдельных его участков. Значения основных параметров принимают средними или соответствующими типоразмеру, потребность в котором наибольшая.

3.4. При определении затрат в сфере производства для деталей, как правило, должны учитываться: главный параметр, важнейшие основные параметры, стоимость единицы массы материала, точность обработки и годовая программа выпуска.

3.5. Затраты в сфере производства для деталей и сборочных единиц следует выражать в виде себестоимости этих составных частей.

Для определения при построении рядов себестоимости детали и простой сборочной единицы (муфты приводов, гидроцилиндры и др.) используется многофакторная одночленная степенная зависимость вида [10, 12, 13]:

$$C_i' = K_i A_i^u R^v \left(\frac{L}{A}\right)^w p^x t^y N_i^n, \qquad (3.1)$$

где A_i — главный параметр (размер) i-го типоразмера, мм;

R — основной параметр, совместно с главным параметром характеризующий габаритный размер (вводится в случае, если главный параметр не определяет габаритный размер, например, для зубчатых колес главный параметр — модуль, тогда параметр R — число зубьев); если главный параметр определяет габаритный размер, $R=1$;

L — основной параметр (размер), характеризующий габаритный размер детали в плоскости, перпендикулярной к плоскости измерения главного параметра (размера), мм;

p — стоимость единицы массы материала, руб./кг;

t — показатель, характеризующий точность изготовления и выражаемый в баллах, пропорциональных величине допуска на главный параметр (например, для втулок подшипников скольжения — пропорциональных допуску на диаметр отверстия, для зубчатых колес — допуску, соответствующему степени точности зубьев) или другой основной параметр;

N_i — годовая программа выпуска изделий i-го типоразмера на комплектование вновь изготовляемого оборудования и для замены выходящих из строя или сменяемых принудительно при ремонтах оборудования, находящегося в эксплуатации, шт;

K_i, u, v, w, x, y, n — коэффициент и показатели степени, постоянные для деталей и сборочных единиц одного типа.

В приведенной таблице указаны расчетные значения t в баллах для различных квалитетов точности цилиндрических отверстий и степеней точности цилиндрических зубчатых колес.

Показатель точности изготовления

Квалитет по ГОСТ 25347—82	t, баллы	Степень точности колес по ГОСТ 1643—81	t, баллы
7	2	6	2
8	3	7	2,8
9	4	8	4
10	8	9	5
11	13		

Для определения коэффициента и показателей степени производится регрессионный анализ модели себестоимости (см. раздел 4 методики [11]) по собранным данным применяемости изготовляемых аналогичных деталей или сборочных единиц.

Расчетные значения коэффициента и показателей степени могут использоваться при построении рядов деталей и сборочных единиц данного типа при различных соотношениях размеров, разных материалах и точностях обработки.

Например, получены регрессионные уравнения себестоимости прямозубых цилиндрических зубчатых колес [14]

$$C=0{,}036\, m^{1{,}603} z^{0{,}982} \left(\frac{L}{m}\right)^{0{,}425} p^{0{,}788}\, t^{-0{,}641}\, N^{-0{,}105}, \qquad (3.2)$$

где m, z — модуль и число зубьев колеса;

L — длина ступицы, мм,

и втулок подшипников скольжения без бурта [15]

$$C=0{,}0217\, d^{1{,}901}\, \xi^{0{,}639} \left(\frac{L}{d}\right)^{0{,}831} p^{0{,}639} t^{-0{,}728}\, N^{-0{,}210}, \qquad (3.3)$$

где d — диаметр внутреннего отверстия, мм;

$$\xi=\left(\frac{D}{d}\right)^2-1;$$

D — наружный диаметр, мм,

L — длина втулки, мм.

Необходимо отметить, что показатели степени при t и N должны быть отрицательными.

Может быть использована также упрощенная зависимость:

$$C_i' = K_1 A_i^u N_i^n, \qquad (3.4)$$

где для деталей и сборочных единиц ОМП константы обычно имеют числовые значения $n = -0{,}03 \ldots -0{,}25$, $u = 1{,}4 \ldots 2{,}5$.

На основе [16] для редукторов ОМП получено уравнение типа (3.4):

$$C_i' = K A_{\tau i}^{0{,}98} N^{-0{,}10}, \qquad (3.5)$$

где $A_{\tau i}$ — межосевое расстояние тихоходной ступени i-го типоразмера редуктора, мм;

значения K равны: для цилиндрических редукторов с косозубыми и шевронными колесами — 3,1÷3,2, для червячных и конических —3,3÷3,4, для зубчатых планетарных — 4,0 [16].

Для определения себестоимости сложных сборочных единиц предпочтительной является многофакторная одночленная степенная зависимость типов (3.1), (3.4). Могут быть применены также модели другого типа — линейная многочленная и др.

3.6. При определении затрат, возникающих в сфере применения при конструировании оборудования, необходимо учитывать затраты от изменения размеров и массы сопряженных и конструктивно связанных деталей и сборочных единиц из-за применения ближайшей большей детали или сборочной единицы из ряда, вместо необходимой по расчету.

Конструктивно связанные детали — детали, непосредственно не соприкасающиеся с рассматриваемой деталью, но размеры и масса которых изменяются при изменении размеров и массы рассматриваемой детали. Например, корпус и крышка корпуса являются конструктивно связанными деталями для зубчатых колес редуктора.

Учет должен производиться установлением затрат $C_{\Delta G\text{сопр}}$ на разницу приращения массы сопряженных и связанных деталей и сборочных единиц для типоразмера рассматриваемого ряда и заменяемых им неунифицированных типоразмеров, либо, при отсутствии достаточных данных по заменяемым типоразмерам, — на разницу приращения массы сопряженных и связанных деталей и сборочных единиц для типоразмера рассматриваемого ряда и одного из наиболее сгущенных рядов по ГОСТ 6636—69 или ГОСТ 8032—84 (для деталей — R80):

$$C_{\Delta G\text{сопр}} = \eta_c \eta_G \left(G_i' N_i' - \sum_{t=1}^{s} G'_{t,\text{R80},t} N'_{t,\text{R80},t} \right), \qquad (3.6)$$

где η_c — средняя стоимость 1 кг сопряженных и связанных деталей (в среднем 0,30...0,50 руб/кг);

η_G — средняя величина повышения массы сопряженных и связанных деталей на 1 кг массы унифицированной детали (целесо-

образно определять η_G на основе рекомендуемых соотношений размеров элементов деталей); для подшипников скольжения $\eta_G=7...$ 8 кг/кг, для подшипников качения 2...3 кг/кг, для цилиндрических зубчатых передач 0,7...1,5 кг/кг;

G'_i; $G'_{iR80,l}$ — массы i-го типоразмера и заменяющих его 1, 2..., l-го типоразмера ряда R80;

N'_i; $N'_{iR80,l}$ — годовые программы выпуска i-го и заменяющих его типоразмеров на комплектование вновь изготовляемого оборудования.

Для сборочных единиц в качестве сравниваемых используют типоразмеры рядов R40 или R20 (Ra40 или Ra20).

Для мобильных машин (транспортных, дорожных, подъемно-транспортных и др.) следует учитывать дополнительные расходы на топливо (либо электроэнергию и т. п.) для транспортирования завышения массы сопряженных и связанных деталей. В этом случае в (3.4) вместо η_c ставится выражение $(\eta_c+\eta_т)$, где $\eta_т$ — стоимость расхода топлива (или электроэнергии и т. п.) на 1 кг дополнительной транспортируемой массы за среднее время годового пробега (пути перемещения) машин, комплектуемых рассматриваемыми унифицированными деталями из ряда.

3.7. Эксплуатационные расходы на детали и сборочные единицы при сравнении рядов различной густоты следует определять расчетом затрат на изготовление этих изделий взамен выходящих из строя за средний или нормативный срок службы комплектуемого данными изделиями оборудования.

3.8. Для деталей и сборочных единиц, заменяемых принудительно в процессе проведения планово-предупредительных ремонтов (ППР), при определении эксплуатационных расходов следует учитывать лишь такие величины изменения долговечности, которые приводят к увеличению срока службы изделия на один или несколько ремонтных циклов (т. е. в два и большее число раз).

Исследования показали, что в случаях неполной эксплуатационной информации, когда известно, что деталь или сборочную единицу рассматриваемого типа заменяют за срок службы комплектуемого ею оборудования, но срок службы $T_п$ детали или сборочной единицы (число замен) не известен, целесообразно при создании унифицированного ряда стремиться к росту ресурса $T_у$ в 2 раза.

3.9. Для деталей, замена которых производится по мере выхода из строя (ремни, цепи, быстроизнашиваемые детали и т. п.) при построении рядов учитывается ожидаемая величина изменения долговечности без учета продолжительности ремонтных циклов.

3.10. Для получения более точных результатов расчета оптимального ряда необходимо учитывать в числе эксплуатационных факторов увеличение долговечности части годовой программы выпуска каждого типоразмера несущих деталей и сборочных единиц, связанное с применением ближайшего большего типоразмера из ряда (вместо расчетного) и с вариацией фактических нагрузок в

пределах номинального интервала нагрузок, обслуживаемого каждым типоразмером [10, 12].

3.11. Суммарную годовую программу выпуска в j-м году i-го типоразмера деталей и сборочных единиц, необходимых на комплектование вновь изготовляемого оборудования и для замены по системе ППР этих изделий, выходящих из строя за срок службы оборудования, следует определять с учетом фактора, указанного в п. 3.10, по уравнению [10, 12]:

$$N_{i,j}=N'N'_iM=N'N'_i\left\{1+T_y\left[(\mu_j-\mu_{j-1})+\frac{N'_{i\delta}}{N'_i}(2\mu_{j,\delta}-2\mu_{j-1,\delta}-\right.\right.$$
$$\left.\left.-\mu_j+\mu_{j-1})\right]\right\}, \qquad (3.7)$$

где N' — суммарная годовая программа выпуска всех типоразмеров для комплектования вновь изготовляемого оборудования, штуки;

N'_i — годовая программа (в долях единицы) выпуска i-го типоразмера для комплектования вновь изготовляемого оборудования;

определяется N'_i с помощью теоретической дифференциальной функции распределения, строящейся по скорректированным с учетом планируемого периода данным применяемости;

$$\mu_j=\frac{1}{2}\left(\left\lfloor\frac{j-T_y}{T_y}\right\rfloor+\left(\left\lfloor\frac{j-T_y}{T_y}\right\rfloor\right)+\left(\frac{j-T_y}{T_y}-\left\lfloor\frac{j-T_y}{T_y}\right\rfloor\right)\cdot\left\lfloor\frac{j}{T_y}\right\rfloor\right), \qquad (3.8)$$

скобки $\lfloor\ \rfloor$ означают, что учитывается лишь целая часть заключенного в них выражения;

$\mu_{j,\delta}$; $\mu_{j-1,\delta}$ — определяются по зависимости (3.8), но вместо T_y ставится $2T_y$ (в соответствии с указаниями п. 3.8);

$N'_{i,\delta}$ — годовая программа (в долях единицы) части выпуска i-го типоразмера, которая имеет долговечность, в два и более раз превышающую номинальную в связи с применением при нагрузках, меньших номинальной.

В случае расчета эксплуатационных расходов без учета фактора, указанного в п. 3.8, принимается $N_{i,\delta}=0$.

3.12. При наличии соответствующих исходных данных и расчетных зависимостей целесообразно в эксплуатационных расходах при построении рядов учитывать повышение уровня надежности (безотказности) несущих деталей и сборочных единиц в связи с эксплуатацией части выпуска каждого типоразмера при пониженных нагрузках, находящихся в пределах номинального диапазона нагрузок, обслуживаемого каждым типоразмером из ряда. Это повышение зависит от густоты ряда и приводит к уменьшению количества выходов из строя деталей и сборочных единиц в межремонтные периоды.

Увеличение безотказности может приводить к реальному сокращению потребности на замену из-за выходов из строя.

Способ расчета уменьшения потребности в подшипниках качения на замены за счет роста безотказности в условиях эксплуатации при пониженных нагрузках приведен в рекомендуемом приложении 4.

3.13. Определение N'_i производится по распределению годовых программ изготовления типоразмеров, полученному с помощью данных применяемости. Для весьма распространенного случая, когда распределение программ соответствует или близко к логарифмически нормальному закону, величина N'_i определяется с помощью таблиц интеграла вероятностей, приводимых в курсах теории вероятностей и математической статистики. В соответствии с рекомендациями [11] границы диапазона унификации принимают обычно исходя из охвата 90—93 % суммарной программы выпуска всех типоразмеров. В нормированном виде значения границ равны $\pm 1{,}80\sigma$.

В качестве примера определим N'_i для пятого типоразмера ряда R 40. Число типоразмеров в ряду равно:

$$m=\frac{\lg A_m-\lg A_0}{\lg q}, \qquad (3.9)$$

где A_0 и A_m — значения параметра на границах диапазона унификации;

q — знаменатель ряда.

Предположим, что $m=100$. Следовательно, разница между соседними значениями параметра в нормированном виде равна $3{,}60/100=0{,}036\sigma$. Определяем границы интервала, соответствующего пятому типоразмеру в нормированном виде: $0{,}036\cdot 4=0{,}144$ и $0{,}36\cdot 5=0{,}180$. Соответствующие значения $\Phi\ (t)$ по таблице интеграла вероятностей равны 0,0572 и 0,0714. Определив разницу значений $\Phi\ (t)$, получаем $N'_5=0{,}0142$.

3.14. Для повышения точности учета эксплуатационных расходов на сборочные единицы при возможности получения соответствующих исходных данных помимо факторов, указанных в пп. 3.5—3.9, целесообразно учитывать также другие эксплуатационные факторы (например, изменение трудоемкости ремонта в зависимости от густоты ряда, т. е. от повторяемости типоразмера и т. д.).

3.15. Для редукторов определение эксплуатационных расходов на обслуживание может быть произведено с помощью степенной регрессионной зависимости от повторяемости каждого типоразмера на одном предприятии-потребителе, полученной преобразованием регрессионных зависимостей, приведенных в [16]:

$$Э=K_э\cdot A_т^{0,46}\left(\frac{l}{N}\right)^{0,40}, \qquad (3.10)$$

где $A_т$ — межосевое расстояние тихоходной ступени, мм;

N — годовая программа выпуска редукторов, шт;

$K_э$ — равен для цилиндрических одноступенчатых редукторов — 6,8, для цилиндрических двухступенчатых — 10,6; для трехступенчатых — 11,8; для конических — 7,6; червячных — 8,3÷9,2; планетарных — 16,5÷15,1 [16];

l — повторяемость на одном предприятии-потребителе.

3.16. В силу очень большого разнообразия видов изделий специального применения и принципиальных различий в их назначении и эксплуатации в каждом конкретном случае построения рядов изделий определенного вида на основе анализа их функционального назначения и потенциальных условий их применения необходимо определить набор факторов и показателей, изменяющихся при замене одного типоразмера другим и влияющих на технико-экономические показатели изготовления и эксплуатации типоразмера.

3.17. При построении типоразмерных рядов, в процессе которого определяются наборы всех основных параметров (размеров) изделий, помимо факторов, указанных выше, как правило, должны учитываться дополнительные факторы, связанные со спецификой конструкции изделия, техническим уровнем, технологией производства, а также со спецификой условий эксплуатации [4].

4. ЦЕЛЕВЫЕ ФУНКЦИИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РЯДОВ

4.1. Для построения оптимальных рядов необходима разработка целевых функций, в которых учитываются расходы по различным техническим и технико-экономическим факторам в разных сферах жизненного цикла изделий, а также распределения величин потребностей (выпусков) в различных типоразмерах.

Целевой функцией оптимального параметрического ряда является подлежащая минимизации зависимость

$$\Phi=\sum_{i=1}^{m} \Pi_i, \tag{4.1}$$

где Π_i — функция затрат, учитывающая различные расходы за жизненный цикл i-го типоразмера строящегося ряда;

m — число типоразмеров в ряду.

Учитывая, что при построении параметрического ряда используются, главным образом, зависимости Π_i, условно назовем их целевыми функциями.

4.2. Для деталей и сборочных единиц обобщенное выражение целевой функции для случая условного принятия среднего на прогнозируемый период постоянного ежегодного выпуска на комплектование вновь изготовляемого оборудования целесообразно представлять в виде [10]:

$$\Pi_i=\sum_{j=1}^{g} C_i' N'_{i,j}+g\, C_{\Delta G\ \text{сопр}}, \tag{4.2}$$

где C_i' — определяется по (3.1), (3.4); $C_{\Delta G\ \text{сопр}}$ — по (3.6);

g — средний срок службы (до списания) оборудования, комплектуемого рассматриваемыми составными частями.

4.3. В связи с тем, что оптимальные параметрические и типоразмерные ряды, как правило, должны представлять собой геометрические прогрессии из предпочтительных чисел по ГОСТ 8032—84 или из нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636—69, построение таких рядов целесообразно производить сравнением расходов по участкам рядов R5, R10, R20, R40 (или Ra5, Ra10, Ra20, Ra40). Так как каждому типоразмеру из ряда предпочтительных чисел соответствует два типоразмера из соседнего более сгущенного ряда, то сопоставление расходов $П_{i,\text{I редк}}$ на типоразмер какого-либо ряда с расходами $П_{i,\text{I густ}} + П_{i,\text{II густ}}$ на два типоразмера более густого ряда целесообразно производить в виде расчетного неравенства:

$$П_{i\ \text{редк}} \neq П_{i,\ \text{I густ}} + П_{i,\ \text{II густ}}. \qquad (4.3)$$

После подстановки в (4.3) соответствующих целевых функций и проведения сокращений и преобразований получают расчетные неравенства для случаев полного или частичного учета влияющих факторов в зависимости от типа изделия и строят параметрический ряд.

4.4. При построении параметрических рядов деталей и сборочных единиц:

а) если их долговечность предполагают равной или большей, чем долговечность комплектуемого ими оборудования, а влияние изменения размеров от применения ближайшей большей детали или сборочной единицы из ряда, вместо расчетной, на изменение размеров сопряженных и окружающих деталей и сборочных единиц пренебрежимо мало (например, шкивы ременных передач при малых интенсивностях их износа, муфты приводов в открытых передачах при малых числах оборотов и т. п.), учитывают только затраты на изготовление и расчетное неравенство имеет вид [10, 19]:

$$(1+\gamma_i)^{n+1} \neq \frac{1}{q^u} + \gamma_i^{n+1}, \qquad (4.4)$$

где $\gamma_i = \frac{N_{i,\ \text{II}}}{N_{i,\ \text{I}}}$ — отношение годовых программ выпуска большего и меньшего типоразмеров более сгущенного из сравниваемых рядов, выражаемых в долях от суммарной годовой программы по всем типоразмерам, принимаемой за единицу;

q — знаменатель прогрессии более сгущенного ряда;

n, u — показатели степени многофакторной степенной зависимости себестоимости типа (3.1) или (3.4);

б) при учете всех основных влияющих факторов в сферах производства, применения при конструировании изделий и эксплуатации, включая учет изменения долговечности в пределах годовой программы каждого типоразмера ввиду применения при различных нагрузках в диапазоне обслуживания, для комплектования стационарного и мобильного оборудования применяют неравенство [10, 18]:

$$(1+\gamma_i)^{n+1}K_1PB_{\delta,\text{ разр.}}+\frac{K_2H}{(N'N'_{i,\,1})^n}\neq\frac{1}{q^u}\left[K_1PB_{\delta,\text{ сгущ.}}+\right.$$

$$\left.+\frac{K_2H}{(N'N'_{i,1})^n}+\gamma_iK_1PB_{\delta,\text{ сгущ.}}\right], \qquad (4.5)$$

где K_1, K_2 — коэффициенты многофакторных степенных уравнений для определения себестоимости типа (3.1), (3.4) и массы (в зависимости от главного и основных параметров и плотности материала — ρ); целесообразно в модели массы использовать часть зависимости себестоимости типа (3.1), (3,4) без p, t, N, т. е. часть, характеризующую объем детали или сборочной единицы — $G=K_2A^uR^v\left(\frac{L}{A}\right)^w\varrho^h$ или $G=K_2A^u\varrho^h$;

для установления погрешности, вызываемой таким использованием, необходимо определить относительные ошибки расчетных значений массы по сравнению с фактическими по данным применяемости; $P=p^xt^y$ (см. п. 3.3), при использовании уравнения (3.4) $P=1$; $H=\eta_c\eta_G\rho^hg$ (см. п. 3.4); h — показатель степени при ρ близок к 1;

в) в случае, аналогичном б), но без учета изменения долговечности в пределах каждого типоразмера из ряда, применяют неравенство (4.5), но B_δ в обеих частях неравенства заменяют выражением

$$B=\sum_{j=1}^{q}[1+T_д(\mu_j-\mu_{j-1})]^{n+1}; \qquad (4.6)$$

г) в случае, аналогичном б), но в условиях, когда предполагают, что средняя долговечность деталей и сборочных единиц из ряда будет равна или больше средней долговечности комплектуемого ими оборудования, применяют неравенство (4.5) при $B_\delta=1$.

4.5. Для сложных сборочных единиц (редукторы, коробки скоростей и т. п.) и некоторых специальных деталей необходимы, как правило, в каждом конкретном случае построения параметрических рядов изучение влияющих факторов и оценка целесообразности разработки и включения в целевую функцию и расчетное неравенство математических моделей дополнительных влияющих факторов.

4.6. Расчетные неравенства, приведенные в п. 4.4, целесообразно разрабатывать также для построения параметрических рядов и в случаях отбора типоразмеров в оптимальный ряд из имеющейся номенклатуры посредством исключения некоторых типоразмеров при соответствующем расширении области применения оставшихся.

4.7. Для построения типоразмерных рядов разрабатывают целевые функции, включающие помимо рассмотренных выше факторов, также другие, связанные с вводимыми параметрами.

Целесообразно включать факторы, отражающие специфические особенности условий применения при конструировании оборудования и условий эксплуатации. В случаях сложных зависимостей с большим числом параметров оптимизацию следует проводить поэтапно, как указано в разделе 5, строя раздельные целевые функции.

В рекомендуемом приложении 6 приведена целевая функция для оптимизации ряда передаточных отношений зубчатых передач коробок скоростей металлорежущих станков [3]. Оптимизация ряда передаточных отношений является первым предварительным этапом оптимизации типоразмерного ряда зубчатых передач коробок скоростей.

4.8. При построении параметрических и типоразмерных рядов оборудования необходимо в целевую функцию включать объем и структуры работ, подлежащих выполнению типоразмерами строящегося ряда. При этом должны быть учтены особенности оборудования и видов работ с позиций различной степени заменяемости типоразмеров.

4.9. Целесообразно выделять следующие виды заменяемости [19]:

односторонняя — заменяющий типоразмер может иметь только большее (в отдельных видах изделий — только меньшее) значение главного параметра, чем заменяемый типоразмер (например, подшипники качения и скольжения, редукторы, зубчатые колеса и т. п.);

двусторонняя — заменяющий типоразмер может иметь и большее и меньшее значение главного параметра; двусторонней заменяемостью обладают оборудование и составные части, выполняющие такие функции, которые могут быть расчленены по главному параметру при сохранении технической равноценности результата функционирования, при этом экономические показатели могут быть различными (например, один насос большей производительности или два — меньшей);

смешанная — по одним видам работ заменяющий типоразмер должен иметь только большее значение главного параметра, а по другим — может иметь и большее и меньшее.

Кроме того, заменяемость следует классифицировать по степени обеспечения уровня всех технических требований к выполняемой работе следующим образом:

полная — заменяющий типоразмер выполняет функции заменяемого, выполняя на этом же уровне все технические требования к работам;

частичная — заменяющий типоразмер выполняет функции заменяющего не полностью, или выполняет все функции, но уровень всех или части технических требований не обеспечен, в таких случаях может потребоваться выполнение дополнительных работ, либо изделие будет более низкого технического уровня.

4.10. Ряд важных технических или технико-экономических требований или условий не включают в целевую функцию для избежания ее чрезмерного усложнения либо ввиду трудности совмещения с факторами и условиями, содержащимися в целевой функции. Такие требования или условия формулируют отдельно в виде неравенств — ограничений к задаче оптимизации ряда.

4.11. Как показано выше, применение унифицированных или стандартных изделий из построенного ряда приводит к завышению размеров и массы изделия (а также конструктивно связанных с ним других изделий) в случаях применения ближайшего большего типоразмера из ряда вместо потребного по расчету (или ранее применявшегося специального).

В большинстве случаев за счет некоторого повышения удельных показателей технического уровня деталей и сборочных единиц может быть достигнуто определенное уменьшение размеров и массы унифицированных типоразмеров в ряду по сравнению с унифицированными типоразмерами, удельные показатели технического уровня которых приняты на основе широко применяемого принципа средних или наиболее часто встречаемых в подлежащей замене унифицированными совокупности соответствующих оригинальных составных частей. Предлагаемый подход обеспечивает ликвидацию или сведение к минимуму указанных потерь от применения ближайшей большей детали или сборочной единицы из ряда и приводит к соответствующему повышению технического уровня оборудования, комплектуемого новыми типоразмерами из ряда.

4.12. На основании анализа больших массивов данных по конкретным деталям и сборочным единицам установлена практическая возможность и технико-экономическая целесообразность перехода во многих случаях на изготовление деталей и сборочных единиц в ряду из более высокопрочных материалов с более совершенными видами упрочнения, что и обеспечивает потребное повышение значений удельных показателей технического уровня.

Учитывая, что главной целью построения оптимизированных рядов стандартных и унифицированных изделий является организация их высокоспециализированных производств, проведение указанных усовершенствований в материале и технологических процессах следует рассматривать как реальное, прогрессивное и экономически эффективное.

4.13. Для несущих деталей и сборочных единиц при построении их рядов следует помимо ограничения на числовые значения параметров (выбор их из рядов предпочтительных чисел) формулировать два технических ограничения, обеспечивающие решение задачи, поставленной в п. 4.11:

суммарная масса годовой программы выпуска всех типоразмеров составных частей из построенного ряда, удовлетворяющей планируемые потребности, не должна быть более суммарной программы выпуска всех типоразмеров подлежащих замене оригинальных составных частей, удовлетворяющей те же потребности,

$$\sum_{i=1}^{m} [K_2 \cdot A_{y,\,i}^{u} R^{v} \left(\frac{L}{A}\right)^{w} \rho_y^{n} N_i] \leqslant \sum_{i=1}^{m} \sum_{k=1}^{l} (G_{0,\,i,\,k} N_{0,\,i,\,k}), \qquad (4.7)$$

суммарный ресурс (или нагрузки) годовой программы выпуска всех типоразмеров из ряда, удовлетворяющей планируемую потребность, не должен быть менее суммарного ресурса (или нагрузок) годовой программы выпуска всех типоразмеров подлежащих замене оригинальных составных частей, удовлетворяющей те же потребности,

$$\sum_{i=1}^{m} (\sigma_{p,\,y}^{\alpha} A_{y,\,i}^{\beta} \cdot N_i) \geqslant \sum_{j=1}^{r} \sum_{k=1}^{l} (\sigma_{p,\,0,\,y} A_{0,\,i,\,k}^{\beta} N_{0,\,i,\,k}), \qquad (4.8)$$

где $\sigma_{p,y}$, $\sigma_{p,0,y}$ — допускаемая удельная нагрузка унифицированных деталей и оригинальных деталей из j-го материала;

$G_{0,i,k}$, $N_{0,i,k}$ — масса и годовая программа выпуска k-й оригинальной детали из числа от первой до l-й деталей, заменяемых i-й унифицированной.

4.14. Допускается упрощенное приближенное использование неравенств посредством их решения до полного решения задачи оптимизации ряда. При этом предварительно решают неравенство (4.7). Для решения принимают некоторые постоянные наиболее вероятные значения $R, \frac{L}{A}$, ρ_y и принимают ряд значений в виде последовательных значений предпочтительных чисел R20 (или R10) в пределах диапазона, определенного для построения ряда из анализа массива исходных данных. При явном неудовлетворении неравенства (4.7) смещают диапазон на одно значение из ряда R20 (или R10) в сторону меньших значений и вновь проверяют неравенство. Решение неравенства продолжают до тех пор, пока оно не будет удовлетворено. Полученный ряд значений параметра из ряда R20 (R10) в пределах диапазона, удовлетворяющего неравенство (4.7) вводят в неравенство (4.8) и решают его относительно $\sigma_{p,y}$. Далее устанавливают вид материала и род упрочнения, обеспечивающие полученное значение $\sigma_{p,y}$.

4.15. В случае невозможности полного удовлетворения обоих неравенств (4.7) и (4.8) следует принимать решение о приоритете того или другого в зависимости от подлежащих решению конкретных технических и экономических задач.

4.16. Общие требования к формированию математических моделей оптимизации [8, 23].

4.17. Базовые модели оптимизации параметрических рядов средств измерений и автоматизации — по РД 50—397—83.

5. ТРЕБОВАНИЯ К МЕТОДАМ ПОСТРОЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ И ТИПОРАЗМЕРНЫХ РЯДОВ

5.1. Методы, применяемые для построения параметрических и типоразмерных рядов, должны соответствовать следующим требованиям:

позволять по номенклатуре и характеру исходных данных, потребных для реализации расчетной процедуры, производить построение рядов на начальных этапах проектирования унифицируемых изделий ОМП, обеспечивать, как правило, (кроме специальных случаев, указанных в п. 1.6) построение оптимальных рядов с наименьшими народнохозяйственными затратами (или наибольшей народнохозяйственной прибылью) при условии обеспечения установленного технического уровня изделий, принятых ограничений на структуру ряда и числовые значения параметров, указанных в разделе 1;

обеспечивать построение оптимальных рядов при структуре целевых функций, приведенных или охарактеризованных в разделе 4;

осуществляться с помощью вычислительных операций, практически реализуемых вручную или на современных ЭВМ;

обеспечивать получение объективных результатов.

5.2. Методы построения типоразмерных рядов должны, как правило, обеспечивать возможность одновременной оптимизации всех или важнейшей группы основных параметров для всего ряда значений главного параметра.

5.3. В случаях большого числа основных параметров, вызывающего вычислительные затруднения, допускается разделение основных параметров на группы и построение рядов последовательной оптимизацией групп параметров.

5.4. Для уменьшения потерь в случаях построения типоразмерных рядов при большом числе основных параметров и при наличии неопределенности в исходной информации может быть применено двухступенчатое построение ряда:

на исходных этапах проектирования используются менее точные, но более простые приближенные методы построения рядов с рассмотрением большого числа вариантов;

на завершающих этапах проектирования при накоплении необходимой информации используются более точные и сложные методы с рассмотрением малого числа вариантов.

5.5. Рационально применяемый метод оптимизации должен обеспечивать задачу выбора с учетом видов заменяемости изделий, указанных в разделе 4.

5.6. Остальные общие требования к методам, используемым для оптимизации рядов,— [8, 23].

5.7. Классификация и области применимости методов оптимизации — по РД 50—220—80.

6. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ И ТИПОРАЗМЕРНЫХ РЯДОВ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

6.1. Метод построения параметрических рядов по точкам перехода (метод точек перехода) [10, 13, 14, 15, 18] предназначен для построения оптимальных параметрических рядов (рядов главного параметра) деталей и сборочных единиц, распределение потребности в которых может быть аппроксимировано непрерывными зависимостями (функциями) одновершинного (унимодального) типа.

Применение данного метода не предусматривает обязательное использование ранее выпускавшихся типоразмеров; можно строить оптимальный параметрический ряд с рациональной структурой, базирующейся на анализе данных о ранее изготовлявшихся типоразмерах.

Построение рядов данным методом наиболее целесообразно при проведении работ по унификации, стандартизации деталей и сборочных единиц в условиях разработки новых гамм оборудования, систем машин и т. д., при замене моделей выпускаемого оборудования на предприятиях и в отраслях с многономенклатурным единичным или серийным характером производства (станкостроение, тяжелое машиностроение, различные подотрасли машиностроения для легкой и пищевой промышленности, подотрасли строительно-дорожного машиностроения и т. д.). Метод предназначен также для применения при оптимизации рядов деталей и сборочных единиц в государственных и отраслевых стандартах, особенно при создании специализированных производств этих изделий.

По наличию и виду математической процедуры поиска экстремума (оптимального решения) метод точек перехода относится к частным методам математического программирования.

6.11. Главный параметр деталей и сборочных единиц в большинстве случае имеет распределение, близкое к логарифмически нормальному. При логарифмически нормальном распределении применение метода точек перехода наименее трудоемко. Метод может быть применен как для ручного расчета, так и с использованием ЭВМ.

6.1.2. При построении рядов методом точек перехода используются критерии, целевые функции, расчетные неравенства и ограничения, приведенные в разделах 1 и 4.

Метод базируется на закономерностях рациональных структур рядов главного параметра деталей и сборочных единиц. Он применим не только для оптимизации рядов главного параметра, но и для рядов других основных параметров.

6.1.3. Процедура построения оптимального параметрического ряда методом точек перехода состоит в следующем.

По данным о распределении оптимизируемого параметра определяют границы рационального диапазона унификации. По литературным данным унификацией целесообразно охватывать 90—93 % общего выпуска всех типоразмеров унифицируемого изделия,

что соответствует при логарифмически нормальном законе распределения значениям границ примерно $\pm 1{,}80\,\sigma$.

Определяют по (3.9) число типоразмеров ряда Ra40 (R40) на диапазоне унификации.

Далее с помощью таблиц интеграла вероятностей (см. п. 3.13) либо по заранее рассчитанным таблицам значений γ_i и $N'_{i,\,1}$ определяют значение $\gamma_{наим}$ ряда Ra40 (как правило, соответствует последним двум типоразмерам ряда с наибольшими значениями параметра) и $N'_{i,\,1}$ для меньшего из типоразмеров соответствующей пары.

Затем решают наиболее подходящее для рассматриваемого случая неравенство, из числа указанных в разделе 4, в котором сопоставляют расходы на типоразмер ряда Ra20 и два типоразмера ряда Ra40.

Если знак неравенства показывает, что меньше расходы на типоразмер ряда Ra20, то принимают, что типоразмеры ряда Ra40 не принадлежат оптимальному ряду и следует перейти к аналогичному сравнению наибольшего типоразмера ряда Ra10 и соответствующих двух типоразмеров ряда Ra20. Если знак первого неравенства показывает, что меньше расходы на типоразмеры ряда Ra40, то определяют $\gamma_{наиб}$ (обычно соответствует наименьшим двум типоразмерам ряда Ra40) и соответствующее значение $N'_{i,1}$. Решают неравенство для соответствующего типоразмера ряда Ra20 и двух типоразмеров ряда Ra40. Если знак неравенства вновь указывает на бóльшую эффективность (меньшие расходы) типоразмеров ряда Ra40, то это является доказательством того, что оптимальный ряд состоит на всем диапазоне из типоразмеров ряда Ra40 и дальнейшие вычисления не требуются. Наконец, в случае, если последнее неравенство показало бóльшую эффективность типоразмера ряда Ra20, можно считать установленным, что часть ряда Ra40 принадлежит оптимальному. Для поиска точки перехода в оптимальном ряду от ряда Ra40 к ряду Ra20 производится решение неравенства для типоразмеров Ra20 и Ra40, расположенных в середине общего диапазона. Далее решается неравенство для середины той из половин диапазона, на краях которой оказались неравенства с противоположными знаками, затем для той из четвертей, на краях которой неравенства имеют противоположные знаки и т. д. до тех пор, пока не будут получены два неравенства для соседних типоразмеров, имеющие противоположные знаки. Между этими типоразмерами и находится точка перехода. Таким образом устанавливают, что оптимальному ряду принадлежат типоразмеры ряда Ra40 от наибольшего до типоразмера у точки перехода.

Далее производят аналогичные решения неравенств при сравнении типоразмеров рядов Ra10 и Ra20 на оставшемся участке диапазона унификации — от точки перехода до наименьшего типоразмера.

Построение ряда заканчивается установлением густоты той части оптимального ряда, которой принадлежат наименьшие типоразмеры диапазона унификации.

6.1.4. При условии принятых ограничений метод точек перехода и расчетные неравенства позволяют строить ряды деталей и сборочных единиц, изготовление и эксплуатация которых осуществляется с народнохозяйственными расходами на 10—25% меньшими, чем расходы на ряды деталей и сборочных единиц, построенные по ранее принятым методикам, за счет введения в расчет ранее не учитывавшихся факторов, уточнения и развития способов учета других факторов. Кроме того, процедура метода обеспечивает обязательное построение ряда с рациональной структурой — геометрической или ступенчато-геометрической, сгущающейся в направлении от меньших значений параметра к большим, что, в свою очередь, позволяет снизить расходы по ряду технических и технико-экономических факторов (уменьшение и рационализация номенклатуры заготовок и снижение потерь из-за завышения припусков, уменьшение номенклатуры обрабатывающего и измерительного инструмента и т. д.), которые не учтены, из-за трудностей определения, в приведенных в разделе 4 целевых функциях и расчетных неравенствах.

Метод точек перехода может также быть использован при построении типоразмерных рядов путем последовательной оптимизации ряда каждого из параметров.

Методом точек перехода построены оптимальные ряды главного параметра подшипников качения в ГОСТ 5721—75 (легкая серия диаметров), ГОСТ 8419—75 (особолегкая серия диаметров 1) и корпусов подшипников скольжения в ГОСТ 11521—82.

Пример построения параметрического ряда методом точек перехода приведен в приложении 6.

6.2. Метод построения параметрических и типоразмерных рядов исключением типоразмеров [10] предназначен для построения рядов деталей и сборочных единиц в отраслях и объединениях с массовым характером производства отдельных типоразмеров, программы выпуска которых существенно превышают программы выпуска других типоразмеров деталей или сборочных единиц того же типа (например, сельскохозяйственное машиностроение, некоторые подотрасли машиностроения для легкой и пищевой промышленности, химического и нефтяного машиностроения, приборостроения и т. д.) при модернизации и замене отдельных моделей выпускаемого оборудования в условиях, когда поставлена задача сохранения конструкции и размеров наиболее массово изготовляемых типоразмеров, производимых на специализированных производствах, а также при постановке задачи минимальной переработки наиболее массово изготовляемых моделей оборудования и наименьшей перестройки массовых производств.

6.2.1. Процедура метода состоит в следующем. По собранным данным применяемости (фактического изготовления) строят гисто-

грамму распределения программ выпуска типоразмеров рассматриваемого изделия (с внесением соответствующих коррективов на ожидаемый рост программ выпуска). Определяют границы диапазона унификации как указано в разделе 3. По гистограмме отбирают наиболее массово и специализированно изготовляемые типоразмеры, которые принимают в качестве исходных базовых типоразмеров строящегося ряда.

6.2.2. Исходя из требований к оборудованию, в котором будут применять детали и сборочные единицы из строящегося ряда, производят проверку технического уровня базовых типоразмеров. В случае целесообразности повышения их технического уровня выполняют расчеты методами, изложенными в разделе 2. При этом ставится задача минимального изменения конструкции, габаритных и присоединительных размеров. Установленный технический уровень принимают для всех типоразмеров, либо, при целесообразности, его дифференцируют для разных типоразмеров.

6.2.3. Составляют расчетные неравенства типа (4.3—4.5) для сравнения расходов за срок службы комплектуемого оборудования по годовым программам выпуска по каждому из отобранных базовых i-х типоразмеров и ближайшему меньшему из изготовляемых $(i-1)$-му типоразмеру — с одной стороны и по i-му типоразмеру при замене им $(i-1)$-го типоразмера с учетом изменения себестоимости от изменения программы выпуска, стоимости завышения массы сопряженных деталей от применения i-го типоразмера вместо $(i-1)$-го и с учетом расходов на техническую подготовку производства сопряженных деталей, измененных вследствие указанной замены типоразмеров (расходы на техническую подготовку можно условно отнести к выпуску первого года):

$$\sum_{j=1}^{g} C_i' N_{i,\ j} + \sum_{j=1}^{g} C_{i-1} N_{i-1} \neq \sum_{j=1}^{g} \frac{N_{i,\ i-1}}{N^n_{i,\ j}} + g\,\eta_c \eta_G (G_i - G_{i-1}) N'_{i-1} + K_{т.п}\,\eta_c \eta_G G_i N'_{i-1}, \qquad (6.1)$$

где $N_{i,i-1}$ — суммарная годовая программа выпуска i-го и $(i-1)$-го типоразмеров, шт.

$K_{т.п}$ — коэффициент увеличения себестоимости ввиду расходов на техническую подготовку производства. Желательно определять $K_{т.п}$ по фактическим данным, при их отсутствии можно пользоваться следующими ориентировочными значениями:

Годовая программа выпуска, шт.	50—100	200—500	1000—3000
$K_{т.п}$	1,0	0,8...0,3	0,2...0,1

Остальные условные обозначения соответствуют принятым в разделе 3.

Величины $N_{i,j}$, $N_{i-1,j}$ определяют по уравнению (3.7).

В случае, если расходы на объединенный типоразмер окажутся меньшими, составляют аналогичное неравенство для случаев замены i-м типоразмером двух типоразмеров — $(i—1)$-го и $(i—2)$-го.

В этом случае к левой части неравенства (6.1) добавляют член, характеризующий расходы на $(i—2)$-й типоразмер, а в правой части в первом члене в числителе записывают суммарную программу по трем типоразмерам, два других члена правой части неравенства (6.1) записывают раздельно для $(i—1)$-го и $(i—2)$-го типоразмеров. Если и в этом случае расходы на объединенный типоразмер окажутся меньше, то аналогично составляют неравенство для объединения четырех типоразмеров. Если же при анализе второго неравенства окажется, что меньше расходы на типоразмер, объединяющий только i-й и $(i—1)$-й типоразмеры, то на данном участке окончательно принимают в оптимальном ряду i-й типоразмер и исключают $(i—1)$-й. Аналогичным образом проводится анализ по всем принятым за базовые массовым типоразмерам. На участках, оставшихся после этого не охваченными анализом, производится аналогичный анализ, начиная с наибольшего из нерассмотренных типоразмеров на данном участке.

6.2.4. В результате последовательного рассмотрения расходов по типоразмерам на всех участках диапазона унификации образуется оптимальный ряд. При необходимости на участках с большим разрежением могут быть произведены подобным образом проверки целесообразности введения в оптимальный ряд добавочных (ранее не изготовлявшихся) типоразмеров.

6.2.5. Если при вышеизложенном анализе рассматривают только типоразмеры с отличающимися значениями главного параметра, но имеются еще исполнения с различными значениями основных параметров при одном значении главного, то в результате анализа получается ряд, который условно может быть отнесен к параметрическим (ряд главного параметра). Если же отсутствуют типоразмеры с разными значениями основных параметров при одном значении главного, то построенный ряд является типоразмерным, так как его построением определены все необходимые типоразмеры как по главному, так и по всем основным параметрам и дальнейший анализ не требуется.

Использованный в данном методе прием сравнения расходов по фактически изготовляемым и объединяемым типоразмерам подобен приему, изложенному в работе [20, гл. IV].

6.3. Метод построения типоразмерных рядов по точкам перехода с применением обобщающего параметра [4] предназначен для построения типоразмерных рядов несущих деталей и сборочных единиц, когда набору числовых значений основных параметров любого типоразмера (при конкретном материале и способе упрочнения) соответствует определенное расчетное значение передаваемой нагрузки. Например, зная модуль, число зубьев, длину зуба зубчатого колеса, материал колеса и род упрочнения, можно определить

передаваемую нагрузку по критериям прочности по изгибу и контактной прочности.

6.3.1. На первом этапе для каждого числового значения главного параметра по методу точек перехода определяют ряд наборов числовых значений основных параметров в их реальных сочетаниях.

6.3.2. Ввиду значительных вычислительных трудностей при совместной оптимизации наборов числовых значений нескольких параметров, особенно при учете сложных многомодальных функций, характеризующих соответствующие целевые функции, производят оптимизацию по одному обобщенному параметру — несущей способности, которая, как отмечено выше, характеризует конкретные наборы основных параметров.

6.3.3. Для оптимизации типоразмерного ряда по значениям несущей способности применяют изложенный выше метод точек перехода.

6.3.4. После проведения оптимизации полученный ряд несущих способностей заменяют соответствующим рядом наборов числовых значений основных параметров, который и представляет собой оптимальный типоразмерный ряд.

6.4. В случаях, когда по техническим обоснованиям оказывается целесообразным производить выбор значений параметра при оптимизации ряда не из предпочтительных чисел и нормальных линейных размеров, а из любых натуральных чисел или из непрерывной числовой последовательности, т. е. без ограничений на числовую основу, целесообразно применение для построения параметрических и типоразмерных рядов методов программирования (динамическое программирование и др.), подробно изложенных в методиках [21, 22].

6.5. Ввиду большого многообразия различных специальных изделий, выполняемых ими функций, видов работ, различного характера заменяемости типоразмеров изделий, многообразия видов их параметров в настоящее время отсутствует наиболее рациональный единый метод оптимизации их параметрических и типоразмерных рядов.

С учетом специфических особенностей изделий, влияющих факторов, структур целевых функций и видов ограничений, охарактеризованных в разделах 3 и 4, для решения конкретной задачи следует выбирать метод, соответствующий особенностям задачи, эффективный и математически корректный.

6.6. В случаях построения рядов изделий специального применения, когда затруднительно или нецелесообразно использование методов, изложенных в пп. 6.1—6.3, применяют следующие методы:

для параметрических рядов

при большем количестве возможных вариантов, двусторонней заменяемости, пересекающихся областях работ различных типо-

размеров и т. д. — метод динамического программирования [21, 26];

при отсутствии аналитической функции эксплуатационных затрат, вызванных некоторым несоответствием любого типоразмера из ряда конкретным условиям эксплуатации или потребления по сравнению со специально спроектированным изделием (иногда эту функцию называют функцией потерь от адаптации) — адаптивный метод оптимизации рядов [1, 2, 25] или метод статистических решений [25]. В обоих методах принято условно, что потери от адаптации пропорциональны квадрату величины, представляющей собой отношение разности потребного параметра и значения параметра из ряда к потребному значению параметра;

для типоразмерных рядов

метод типа метода «ветвей и границ» [22].

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Рекомендуемое

МЕТОДИКА УСТАНОВЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОСНОВНЫХ УДЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ОБЩЕМАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ (ОМП)

1. Для большинства деталей и сборочных единиц ОМП основным показателем технического уровня является удельная несущая способность.

2. Для деталей ОМП за величину удельной несущей способности следует принимать величину допускаемого напряжения (по основному виду нагрузки, на несение которой рассчитана деталь) или другой аналогичной характеристики, а для сборочных единиц — отношение несущей способности к массе сборочной единицы либо другую важнейшую относительную характеристику.

3. С целью установления рациональной величины основных показателей качества унифицированных изделий ОМП и построения их рядов на предприятиях-изготовителях и в организациях, эксплуатирующих изделия, подлежащие унификации, собирают следующие материалы и данные:

чертежи изделий с указанием себестоимости и годовой программы выпуска в текущем либо предыдущем году;

данные о средних сроках службы (или долговечности) $T_П$ изделий ОМП до замены, способах замены (принудительно при очередном ремонте или по мере достижения предельного состояния), наиболее частой причине выхода из строя или принудительной замены (критерий разрушения; например, усталостный излом, контактная усталость, абразивный износ и т. п.);

данные о средних сроках службы $T_М$ до списания комплектуемого рассматриваемыми изделиями ОМП оборудования.

4. Собирают данные, указанные в п. 3, обо всех типоразмерах изделия ОМП, которые предполагаются в дальнейшем заменить унифицированными, либо по достаточно полной и представительной выборке. Желательно получение данных не менее чем по 100—200 типоразмерам. При невозможности получения указанного объема выборки либо при небольшом числе заменяемых типоразмеров допускается соответствующее уменьшение объема выборки, однако, при этом возрастает погрешность расчета.

5. Полученные данные и данные чертежей по изделиям одного типа сводят в таблицу применяемости, в которой указывают: обозначение изделия по чертежу, главный и основные параметры, массу, вид термообработки, твердость, годовую программу выпуска, себестоимость, причины выхода из строя, долговечность или срок службы изделия ОМП, срок службы до списания комплектуемого данным изделием ОМП оборудования (последние два вида данных — при их наличии).

6. На основе данных применяемости о неуфицированных изделиях ОМП, которые предполагается заменить унифицированными, строят теоретическое распределение значений главного параметра, ближайшее к эмпирическому (см. [11]).

7. По данным эксплуатации определяют соотношение долговечности (срока службы) подвергаемых унификации изделий ОМП — $T_П$ и долговечности (срока службы до списания) комплектуемого этими изделиями оборудования — $\overline{T}_М$. При $T_П < \overline{T}_М$, если удалось установить фактическое среднее значение соотношения $T_П$ и $\overline{T}_М$, определяют желательное среднее значение долговечности (срока службы) для унифицированных изделий ОМП — $\overline{T}_У$, исходя из целесообразности обеспечения $\overline{T}_У \geqslant \overline{T}_М$.

При недостаточности эксплуатационной информации, когда известно, что $T_П < T_М$, но не установлено соотношение $T_П : T_М$, и известно, что замена унифицируемых изделий ОМП производится при ремонтах через определенные ин-

тервалы времени (система планово-предупредительных ремонтов) целесообразно принимать $\overline{T}_У = 2\overline{T}_П$, что установлено расчетами по большому числу типов оборудования различных отраслей машиностроения. При этом, как будет показано ниже, нет необходимости устанавливать фактическое числовое значение $\overline{T}_П$.

8. Определив по данным выборочной совокупности (по информации о применяемом материале, роде упрочнения, твердости и т. д.) для каждого i-го типоразмера детали величину допускаемого напряжения $\sigma_{доп.П_i}$ (или другой аналогичной характеристике), устанавливают средневзвешенные значения допускаемого напряжения:

$$\overline{\sigma}_{доп.П} = \frac{\Sigma (\sigma_{доп\,П_i} G_{П_i} N_{П_i})}{\Sigma (G_{П_i} N_{П_i})} \qquad (1)$$

и главного параметра

$$\overline{A}_П = \frac{\Sigma (A_{П_i} G_{П_i} N_{П_i})}{\Sigma (G_{П_i} N_{П_i})}, \qquad (2)$$

где $G_{П_i}$, $A_{П_i}$, $N_{П_i}$ — масса, главный параметр и годовая программа выпуска i-го типоразмера.

9. Из соотношений между $\overline{T}_П$, $\overline{T}_У$, $\overline{\sigma}_{доп.П}$, $\overline{\sigma}_{доп.У}$, получаемых из выражений для расчета на прочность и долговечность деталей соответствующего типа (соотношения для зубчатых колес и передач приведены в приложении 2), определяют $\overline{\sigma}_{доп.У}$, так как $\overline{\sigma}_{доп.П}$, $\overline{T}_П$, $\overline{T}_У$, определены ранее, как указано в пп. 7, 8.

Например, для цилиндрических зубчатых колес при учете контактной усталости соотношение имеет вид

$$\frac{\overline{\sigma}^6_{НР10^6\,П}}{\overline{\sigma}^6_{НР10^6\,У}} = \frac{\overline{T}_П}{T_У}, \qquad (3)$$

где $\overline{\sigma}_{НР10^6П}$, $\overline{\sigma}_{НР10^6У}$ — допускаемое контактное напряжение при числе циклов напряжений 10^6 для неунифицированных и унифицированных колес.

В случае недостаточности эксплуатационной информации, когда принимают $\overline{T}_У = 2\overline{T}_П$ (см. п. 7), вместо числовых значений $\overline{T}_П$ и $\overline{T}_У$ в выражение для расчета $\overline{\sigma}_{доп.У}$ подставляют соотношение 1 : 2.

Если неравенство $\overline{T}_У \geqslant \overline{T}_М$ оказывается практически недостижимым или нецелесообразным из-за слишком больших величин $\overline{\sigma}_{доп.У}$, следует принимать такое из возможных значений $\overline{\sigma}_{доп.У}$, которое обеспечит рост $\overline{T}_У$ по сравнению с $\overline{T}_П$ на величину, кратную межремонтному циклу.

10. Если после установления по соотношениям типа (3) значений $\overline{\sigma}_{доп.У}$ окажется возможным выбор материала и рода его упрочнения, обеспечивающих более высокое значение $\overline{\sigma}_{доп.У}$, целесообразно определить возможность общего уменьшения значений главного параметра в строящемся ряду по сравнению со значениями для деталей, подлежащих замене унифицированными (при отсутствии технических ограничений уменьшения, например, по жесткости и т. д.). Для этого используют соотношения между значениями главного параметра $\overline{A}_{У_1} = \overline{A}_П$, $\overline{A}_{У_2}$ и допускаемыми напряжениями, получаемые из уравнений для расчета деталей данного типа на прочность и долговечность.

Например, для цилиндрических зубчатых колес при учете контактной усталости соотношение имеет вид

$$\frac{\sigma^{2/3}_{HP10^6 y_2}}{\sigma^{2/3}_{HP10^6 y_1}} = \frac{\overline{A}_{y_1}}{\overline{A}_{y_2}}. \qquad (4)$$

В таком случае производится уменьшение всех значений главного параметра в теоретическом распределении (см. п. 6) в число раз, равное $\overline{A}_{y_1} : \overline{A}_{y_2}$.

Окончательная величина уменьшения значений главного параметра устанавливается после проверки по техническим критериям, ограничивающим уменьшение размеров (например, для зубчатых колес — минимальное число зубьев без подреза, прочность ступицы и т. п.).

11. Если по данным эксплуатации установлено, что в большинстве случаев применения подлежащих унификации изделий ОМП имеет место соотношение $\overline{T}_y \geqslant \overline{T}_M$, то при установлении технического уровня при унификации (построении ряда) целесообразно при возможности выбирать материал, род термообработки, твердость и т. п., исходя из обеспечения для унифицированных изделий ОМП того же соотношения $\overline{T}_y \geqslant \overline{T}_M$ при одновременном рациональном уменьшении размеров способом, указанным в п. 10.

12. При возможности сбора соответствующих исходных данных, вместо указанного в п. 6 построения по данным применяемости распределения значений главного параметра, более целесообразно построение вначале распределения потребных величин нагрузок и затем по этому распределению построение распределения значений главного параметра, исходя из установленных для унифицированных изделий ОМП допускаемых нагрузок или других удельных нагрузочных характеристик. Такой подход позволяет в ряде случаев получить дополнительную экономию от уменьшения размеров.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Рекомендуемое

УСТАНОВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ УДЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ УНИФИЦИРОВАННЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

1. По собранным в производстве данным таблиц применяемости изготовляемых зубчатых колес с помощью формул ГОСТ 21354—75 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные. Расчет на прочность» рассчитывают таблицу пределов выносливости для различных материалов и для каждого i-го типоразмера и соответствующих ему материала, вида термообработки и твердости. Определяют по таблице величины предела выносливости для ведущего вида разрушения (например, для случая разрушения из-за контактной усталости — $\sigma_{H\,lim\,bП_i}$) и базового числа циклов N_{HO}, которые заносят в таблицу.

2. Рассчитывают предел выносливости для числа циклов 10^3 (это число циклов удобно, так как оно соответствует наклонной ветви кривых усталости по контактным напряжениям и по изгибу для различных сталей и видов термообработки)

$$\sigma_{H\,lim\,10^6 П_i} = \sigma_{H\,lim\,bП_i} \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{10^6}}. \qquad (1)$$

(Здесь и далее «П» означает детали, подлежащие унификации, индекс «У» — унифицированные.)

3. Для каждого i-го типоразмера определяют в соответствии с указаниями ГОСТ 21354—75 значения коэффициентов $S_{H\Pi}$, $Z_{R\Pi_i}$, $Z_{V\Pi_i}$, $K_{L\Pi_i}$, $K_{X\Pi_i}$.

4. Рассчитывают для каждого колеса допускаемое напряжение при $N=10^6$

$$\sigma_{HP10^6\Pi_i}=\frac{\sigma_{Hlim^{10^6}\Pi_i}}{S_{H\Pi_i}} Z_{R\Pi_i} Z_{V\Pi_i} K_{L\Pi_i} K_{X\Pi_i}. \qquad (2)$$

5. Устанавливают средневзвешенное значение допускаемого напряжения для всей выборки колес

$$\bar{\sigma}_{HP10^6\Pi}=\frac{\Sigma \sigma_{HP10^6\Pi_i} G_{\Pi_i} \cdot N_i}{\Sigma G_{\Pi_i} N_i}, \qquad (3)$$

где N_i — количество типоразмеров колес (в выборке) с одинаковыми материалом, термообработкой и твердостью;

G_{Π_i} — суммарная чистая масса колес из одинакового материала, с одинаковыми термообработкой и твердостью.

6. По приведенным в таблице настоящего приложения соотношениям определяют допускаемое напряжение при $N=10^6$ циклов для унифицированных колес, например

$$\frac{\sigma^6_{HP10^6\Pi}}{\sigma^6_{HP10^6У}}=\frac{T_\Pi}{T_У}. \qquad (4)$$

Соотношения для установления рационального технического уровня унифицированных зубчатых передач и колес

Тип детали или комплекса, главный параметр	Критерий расчета на прочность	Соотношения между допускаемыми напряжениями и	
		долговечностями	главными параметрами (размерами)
Цилиндрические зубчатые передачи (пары колес), главный параметр — межосевое расстояние a_w	Усталость по контактным напряжениям	$\frac{T_\Pi}{T_У}=\frac{\bar{\sigma}_{HP10^6\Pi}}{\sigma_{HP10^6У}}$	$\frac{a_{w\Pi}}{a_{wУ}}=\frac{\sigma^{2/3}_{HP10^6У}}{\bar{\sigma}^{2/3}_{HP10^6\Pi}}$
	Усталость по изгибу	$\frac{T_\Pi}{T_У}=\frac{\bar{\sigma}^n_{FP10^6\Pi}}{\sigma^m_{FP10^6У}}$	$\frac{a_{w\Pi}}{a_{wУ}}=\frac{\sigma^{1/3}_{FP10^6У}}{\bar{\sigma}^{1/3}_{FP10^6\Pi}}$
Цилиндрические зубчатые колеса, главный параметр — модуль m	Усталость по контактным напряжениям	$\frac{T_\Pi}{T_У}=\frac{\bar{\sigma}^6_{HP10^6\Pi}}{\sigma^6_{HP10^6У}}$	$\frac{m_\Pi}{m_У}=\frac{\sigma^{2/3}_{HP10^6У}}{\bar{\sigma}^{2/3}_{HP10^6\Pi}}$
	Усталость по изгибу	$\frac{T_\Pi}{T_У}=\frac{\sigma^n_{FP10^6У}}{\bar{\sigma}^m_{FP10^6\Pi}}$	$\frac{m_\Pi}{m_У}=\frac{\sigma^{1/3}_{FP10^6У}}{\bar{\sigma}^{1/3}_{FP10^6\Pi}}$

Примечание. $n=6$ для колес с твердостью поверхности зубьев HB$\leqslant$350 и колес со шлифованной переходной поверхностью независимо от твердости, $n=9$ для колес с нешлифованной переходной поверхностью при HB$>$350.

7. Исходя из вида оборудования, для которого производится унификация колес, назначают определенные показатели качества колес, с учетом также условий эксплуатации (они принимаются в среднем одинаковыми для унифицированных колес и для заменяемых ими неунифицированных), и определяют числовые значения коэффициентов $S_{HУ}$, $Z_{RУ}$, $Z_{VУ}$, $K_{LУ}$, $K_{XHУ}$.

8. Рассчитывают

$$\sigma_{H\,lim\,10^6У}=\frac{\sigma_{HP10^6У}\cdot S_{HУ}}{Z_{RУ}\cdot Z_{VУ}\cdot K_{LУ}\cdot K_{XHУ}}. \qquad (5)$$

9. Далее по аналогичной схеме производят определение предела выносливости для другого из основных видов разрушения, не являющегося ведущим для рассматриваемой совокупности.

10. С помощью формул типа (1) производят пересчет величин предела выносливости при базовом числе циклов из таблицы (п. 6) в значения предела выносливости при числе циклов $N=10^6$ и устанавливают для унифицированных колес материал, термообработку и твердость, обеспечивающие ближайшие большие по сравнению с полученными по расчету значения $\sigma_{H\,lim\,10^6У}$ и $\sigma_{F\,lim\,10^6У}$.

11. Приведенная методика не учитывает случаи, когда разрушение возникает от максимальных нагрузок или малоцикловой усталости. Однако при правильном расчете колес и правильной их эксплуатации не должны, как правило, возникать нагрузки, превышающие учтенные в циклограмме нагрузок, и, соответственно, по этим причинам не должно происходить значительного числа отказов.

12. Приведенная в пп. 1—10 методика основывается на расчетных зависимостях усталостной прочности материала зубчатых колес, соответствующих «добазовой» зоне (наклонная ветвь кривой усталости). Однако при установлении желательных величин долговечности унифицированных колес вполне вероятно попадание в «забазовую» зону. Расчетами установлено, что в этом случае полученные значения потребных для унифицированных колес допускаемых напряжений оказываются несколько завышенными, но относительная величина этого завышения, как правило, не превышает 5—7 %.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Обязательное

НОМЕНКЛАТУРА ГЛАВНЫХ И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ ОМП

Таблица 1

Детали механических передач

Наименование изделия		Главные и основные параметры									
		d_{e_3} ном	$u_{ном}$	t	z	Количество канавок	Сечение канавки	D	a_w	m	$b(B)$
Звездочки		—	—	xx	x	—	—	—	—	—	—
Шкивы	для плоских ремней	—	—	—	—	—	—	xx	—	—	x
	для клиновых ремней	—	—	—	—	x	x	xx	—	—	—
Передачи зубчатые цилиндрические силовые		—	x	—	—	—	—	—	xx	—	x
Колеса зубчатые цилиндрические		—	—	—	x	—	—	—	—	xx	x
Передачи зубчатые конические		xx	x	—	—	—	—	—	—	—	—
Передачи червячные		—	x	—	—	—	—	—	xx	—	—

Таблица 2

Подшипники качения и скольжения

Наименование изделия	Главные и основные параметры				
	диаметр отверстия	наружный диаметр	длина (ширина)	диаметр буртика	высота буртика
Подшипники качения	xx	x	x	—	—
Подшипники скольжения гладкие	xx	x	x	—	—
Подшипники скольжения с буртиком	xx	x	x	x	x

Таблица 3

Детали узлов подшипников качения и скольжения

Наименование изделия	Главные и основные параметры				
	диаметр отверстия	наружный посадочный диаметр	наружный диаметр (габаритный)	длина (для втулок), межосевое расстояние между болтами крепления (для корпусов)	расстояние от вала до основания лап
Корпуса подшипников качения фланцевого исполнения	xx	x	x	—	—
Корпуса подшипников качения с креплением на лапах	xx	—	—	x	x
Крышки глухие	—	xx	x	—	—
Крышки с отверстием	x	xx	x	—	—
Втулки дистанционные в корпусе	x	—	xx	x	—
Втулки дистанционные на вал	xx	—	x	x	—
Корпуса подшипников скольжения с креплением на лапах	xx	—	—	x	x
Корпуса подшипников скольжения фланцевого исполнения	xx	x	x	—	—

Таблица 4

Крепежные детали

Наименование изделия	Главные и основные параметры					
	наружный диаметр	диаметр резьбы	внутренний диаметр	длина (толщина)	диаметр головки	высота головки
Болты	—	xx	—	x	x	x
Винты	—	xx	—	x	x	x
Шпильки	—	xx	—	x	—	—
Гайки	—	xx	—	—	—	—
Штифты	xx	—	—	x	—	—
Шплинты	xx	—	—	x	—	—
Шайбы	x	—	xx	x	—	—
Заклепки	xx	—	—	x	x	x

Таблица 5

Редукторы, муфты, вариаторы

	Наименование изделия	Главные и основные параметры								
		$M_т$	$M_{ном}$	$M_{наиб}$	$a_{wт}$	диапазон регулирования	$u_{ном}$	$D_{нар}$	$d_{e_2\,ном}$	$r_в$
Редукторы	цилиндрические	х	—	—	хх	—	х	—	—	—
	конические	х	—	—	—	—	х	—	хх	—
	коническо-цилиндрические	х	—	—	хх	—	х	—	—	—
	планетарные	х	—	—	—	—	х	—	—	хх
	червячные	х	—	—	хх	—	х	—	—	—
	червячно-цилиндрические	х	—	—	хх	—	х	—	—	—
Муфты	зубчатые	—	х	—	—	—	—	хх	—	—
	кулачковые	—	х	—	—	—	—	хх	—	—
	фланцевые	—	х	—	—	—	—	хх	—	—
	эластичные с торообразной оболочкой	—	х	—	—	—	—	хх	—	—
	Вариаторы	—	—	хх	—	х	—	—	—	—

Таблица 6

Гидравлическое, пневматическое и смазочное оборудование

Наименование изделия	Главные и основные параметры									
	$P_{ном}$	V_0	$n_{ном}$	D	L	$D_у$	δ	$V_{ном}$	$Q_{ном}$	d
Насосы	х	хх	х	—	—	—	—	—	—	—
Моторы	х	хх	х	—	—	—	—	—	—	—
Цилиндры	х	—	—	хх	х	—	—	—	—	х
Аппаратура	х	—	—	—	—	хх	—	—	х	—
Гидроаккумуляторы	х	—	—	—	—	—	—	хх	—	—
Баки	—	—	—	—	—	—	—	хх	—	—
Фильтры	х	—	—	—	—	хх	х	—	х	—

Условные обозначения, принятые в табл. 1—6

xx — главный параметр;
x — основной параметр;
a_w — межосевое расстояние, мм;
a_{wT} — межосевое расстояние тихоходной ступени редуктора, мм;
$b(B)$ — ширина венца, мм;
D — диаметр (шкива, цилиндра), наружный диаметр муфты, мм;
D_y — условный проход, мм;
d — диаметр штока, мм;
$d_{e_2\,ном}$ — номинальный диаметр основания делительного конуса (делительный диаметр) колеса конической зубчатой пары, мм;
δ — тонкость фильтрации, мкм;
L — ход поршня, мм;
m — модуль, мм;
M_T — крутящий момент на тихоходном валу редуктора, Н·м (кгс·м);
$M_{ном}$ — номинальный крутящий момент, Н·м;
$M_{наиб}$ — наибольший крутящий момент, Н·м;
$n_{ном}$ — номинальное число оборотов, $с^{-1}$;
$r_в$ — радиус водила, мм;
$u_{ном}$ — номинальное передаточное число;
t — шаг цепи, мм;
z — число зубьев;
$P_{ном}$ — номинальное давление, МПа;
$V_{ном}$ — номинальный объем, $см^3$;
V_0 — рабочий объем, $см^3$;
$Q_{ном}$ — номинальный поток (расход), $дм^3/с$ (л/мин).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Рекомендуемое

СПОСОБ РАСЧЕТА УМЕНЬШЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ПОДШИПНИКАХ КАЧЕНИЯ ЗА СЧЕТ РОСТА БЕЗОТКАЗНОСТИ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ НАГРУЗКАХ

1. На основе известного положения о том, что вероятность безотказной работы подшипников качения хорошо описывается уравнением Вейбулла и с учетом констант международного стандарта ИСО 281/1—77, получено уравнение вероятности безотказной работы подшипника в j-м году от начала эксплуатации

$$P_j = e^{-\left(\frac{j}{T_{д,\,абс}\cdot 4{,}467}\right)^{1{,}5}}, \qquad (1)$$

где $T_{д.\,абс}$ — срок службы до плановой замены в годах.

Уравнение получено из условия принятия $T_д = 1$ при номинальной нагрузке.

2. Количество $N_{над.ед.i}$ подшипников рассматриваемого i-го типоразмера (в долях от суммарной потребности, принятой за единицу), необходимых в год на замену внезапно отказавших подшипников целесообразно определять с помощью средней величины безотказной работы за год. Указанную величину вычисляют как среднее арифметическое вероятностей безотказной работы в течение первого и последнего годов межремонтного цикла. Вероятности для каждого из этих лет определяют, в свою очередь, как средние для случаев работы при номинальной

и наименьшей нагрузках в пределах диапазона, обслуживаемого данным типоразмером подшипника. С учетом сказанного количество внезапно отказавших подшипников равно

$$N_{\text{над. ед.}i}=\frac{1}{2}-\frac{P_{i,\,1}+P_{i,\,1,\,\text{нб}}-P_{i,\,T_{\text{д}}-1}-P_{iT_{\text{д}}-1,\,\text{нб}}+P_{i,\,T_{\text{д}}}+P_{i\,T_{\text{д}},\text{нб}}}{4}, \tag{2}$$

где $P_{i,1}$; $P_{i,T_{\text{д}}}$; $P_{i,T_{\text{д}}-1}$ — вероятность безотказной работы i-го типоразмера в конце первого, последнего и предпоследнего годов (обычно принимают $P_{i,T_{\text{д}}}=0{,}90$) при номинальной нагрузке; $P_{i,1,\text{нб}}$; $P_{i,T_{\text{д}}\text{нб}}$; $P_{i;T_{\text{д}}-1,\,\text{нб}}$ — то же, но при наименьшей нагрузке на диапазоне обслуживания (наименьшую нагрузку принимают примерно равной номинальной нагрузке соседнего меньшего типоразмера).

Расчет вероятностей производят по уравнению (1)

$$P_i=e^{-\left(\frac{1}{T_{\text{д, абс}}\cdot 4{,}467}\right)^{1,5}}; \tag{3}$$

$$P_{1,\,\text{нб}}=e^{-\left(\frac{1}{T_{\text{д, абс}}\cdot T_{\text{д,нб}}\cdot 4{,}467}\right)^{1,5}}; \tag{4}$$

$$P_{T_{\text{д}}}=e^{-\left(\frac{1}{4{,}467}\right)^{1,5}}; \tag{5}$$

$$P_{T_{\text{д}},\,\text{нб}}=e^{-\left(\frac{1}{T_{\text{д, нб}}\cdot 4{,}467}\right)^{1,5}}. \tag{6}$$

3. В соответствии с ГОСТ 18855—82

$$T_{\text{д}\,i}=\left(\frac{C_{\text{дин}\,i}}{R_i}\right)^{\beta}, \tag{7}$$

где $C_{\text{дин},i}$ — динамическая грузоподъемность подшипника i-го типоразмера;

R_i — приведенная нагрузка на подшипник i-го типоразмера.

С учетом условия, принятого в п. 1, принимая, что R_i — номинальная нагрузка, получаем

$$C_{\text{дин}\,i}=R_i.$$

Наибольшая долговечность, получаемая при наименьшей нагрузке, т. е. при $P_{i-1}=C_{\text{дин}\,i-1}$, равна

$$T_{\text{д, нб}}=\left(\frac{C_{\text{дин}\,i}}{R_{i-1}}\right)^{\beta}=\left(\frac{C_{\text{дин}\,i}}{C_{\text{дин}\,i-1}}\right)^{\beta}, \tag{8}$$

где $\beta=3$ для шариковых подшипников;

$\beta=3{,}33$ для роликовых подшипников.

Таким образом, введя в целевую функцию и расчетное неравенство учет изменения потребности от изменения уровня безотказности можем производить сравнение величин выигрыша при сопоставлении расходов по типоразмерам рядов различной сгущенности.

ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЯДА ПЕРЕДАТОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ КОРОБОК СКОРОСТЕЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ [3]

Для оптимизации типоразмерного ряда цилиндрических зубчатых передач для коробок скоростей металлорежущих станков разработана целевая функция для предварительной оптимизации одного из основных параметров — ряда передаточных отношений.

В целевой функции сопоставлены расходы на изготовление коробки скоростей (расходы уменьшаются с уменьшением густоты рядов чисел оборотов шпинделя, т. е. с уменьшением числа передач в коробке) и стоимость обработки на станке (расходы на инструмент уменьшаются с приближением к оптимальным скоростям резания, т. е. с увеличением густоты рядов чисел оборотов шпинделя)

$$П=C_{ст}+C_{ин}=[2\,(1+a)\cdot 6{,}077\cdot A_{шп}^{0{,}533}\cdot\left(\frac{n_{нб}}{n_{нм}}\right)^{0{,}530}\cdot(\varphi_o^i)^{-2{,}657}\cdot N^{0{,}131}+C_ч]+$$

$$+\left[\frac{(V_{опт}\cdot\sqrt{\varphi_o^i})}{M^{\mu}}\cdot\frac{t_{маш}}{t_{маш}+t_{не\ маш}}\cdot S_{ин}\cdot K_з\cdot\eta\cdot\Phi\right],$$

где $П$ — общие затраты до первого капитального ремонта станка;

$C_{ст}$ — расходы на изготовление и эксплуатацию собственно станка до первого капитального ремонта;

$C_{ин}$ — расходы по эксплуатации режущего инструмента до первого капитального ремонта станка;

$a=\dfrac{C_{тек.рем}}{C_{кор}}$ = 1,25 для токарных станков;

$C_{тек.рем}$ — расходы на текущий ремонт коробки скоростей;

$C_{кор}$ — себестоимость коробки скоростей;

$A_{шп}$ — межосевое расстояние промежуточного вала и шпинделя, определяющее в основном габариты коробки;

$\dfrac{n_{нб}}{n_{нм}}$ — диапазон изменения чисел оборотов шпинделя, связанный с кинематической сложностью коробки;

N — годовая программа выпуска коробок скоростей;

$C_ч$ — себестоимость части станка без коробки скоростей (не зависит от числа передач коробки);

φ_o — знаменатель наиболее сгущенного ряда чисел оборотов шпинделя, $\varphi_o = 1{,}06$;

i — целое натуральное число;

$V_{опт}$ — оптимальная скорость резания при экономической стойкости инструмента для наиболее часто обрабатываемого на станке материала;

$M=\dfrac{C_v\cdot K}{t^x\cdot S^y}$ — показатель условий резания для точения;

C_v — постоянная, зависящая от обрабатываемого материала, материала резца и пр.;

K — коэффициент, учитывающий влияние на скорость резания угла в плане, обрабатываемого материала и размера инструмента;

t — глубина резания;

S — подача;

μ — показатель относительной стойкости $\mu = 1/m$.

$t_{маш}$ — машинное время обработки;
$t_{немаш}$ — немашинное время обработки;
$S_{ин}$ — затраты на эксплуатацию режущего инструмента за период его стойкости;
$K_з$ — коэффициент загрузки станка;
η — срок службы станка до первого капитального ремонта в годах;
Φ — общий годовой фонд времени работы станка в минутах.

В результате расчетов по приведенной целевой функции было установлено, что при принятых условиях суммарные минимальные затраты получаются при изготовлении коробок скоростей с числом передач, определяемых заданным отношением $n_{нб} : n_{нм}$ и $\varphi = 1{,}12—1{,}26$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Справочное

ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЯДА (РЯДА ГЛАВНОГО ПАРАМЕТРА) ПАР КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС МЕТОДОМ ТОЧЕК ПЕРЕХОДА

По данным одной из подотраслей машиностроения об изготовляемых неунифицированных парах конических зубчатых колес было произведено построение оптимального параметрического ряда методом точек перехода (см. раздел 5) с применением указанных в разделе 3 расчетных неравенств. За главный параметр пары принят диаметр начальной окружности большего колеса [11]. Статистический анализ данных применяемости показал, что распределение значений главного параметра изготовляемых пар удовлетворительно описывается логарифмически-нормальным законом. Рациональный диапазон унификации, охватывающий около 93 % всех пар, т. е. $\pm 1{,}80\sigma$, равен 40—400 мм.

По фактическим данным статистическим расчетом уравнения (3.4) настоящих методических указаний и уравнения массы определены постоянные $u = 1{,}65$; $n = —0{,}2$; $K'_1 = 0{,}07$; $K'_2 = 0{,}001$; $\eta_G = 6$ кг/кг; $\eta_c = 0{,}5$ руб. Средний срок службы комплектуемых деталями машин $g = 6$ лет, а средний срок службы пар конических колес $T_д = 2$ года. Общая годовая потребность — 1000 пар колес. Для построения оптимального ряда применено расчетное неравенство (4.5) при $P = 1$.

Расчетом по формуле (3.8) настоящих методических указаний получены следующие значения μ:

$$\mu_1 = \mu_2 = 0;\ \mu_3 = \mu_4 = 1;\ \mu_5 = \mu_6 = 2.$$

Далее по выражениям пункта 4.4 настоящих методических указаний определено:

$$B = 8{,}81;\ H = 93{,}06.$$

Расчет ряда начат, в соответствии с положениями раздела 5, с определения эффективности ряда Ra40 по сравнению с рядом Ra20.

Число типоразмеров ряда Ra40 на диапазоне унификации по (3.9) настоящих методических указаний равно

$$f = \frac{\lg 400 — \lg 40}{\lg 1{,}06} = 40.$$

По таблице значений интеграла вероятностей для ряда с 40 типоразмерами определено для последних двух (наибольших) типоразмеров $N'_{40,40,\,I} = 0{,}01$; $N'_{40,40,II} = 0{,}0085$ и $\gamma_{40,40} = 0{,}85$. Индексы у γ означают номер большего члена из

рассматриваемой пары и число членов в ряду, индексы у N — номер большего типоразмера, число типоразмеров, индекс типоразмеров рассматриваемой пары (меньшего — I, большего — II).

Далее определен знак расчетного неравенства

$$(1+0,085)^{0,8}\cdot 0,07\cdot 8,81+\frac{0,001\cdot 93,06}{(1000\cdot 0,01)^{-0,2}}\neq\frac{1}{1,06^{1,65}}\times$$

$$\times\left[0,07\cdot 8,81+\frac{0,001\cdot 93,06}{(1000\cdot 0,01)^{-0,2}}\right]+0,85^{0,8}\cdot 0,07\cdot 8,81;$$

$$1,17<1,25.$$

Более эффективным, как видим, оказался член ряда Ra20. Исходя из теоретического анализа, положенного в основу метода точек перехода, можем утверждать, что ни один член ряда Ra40 не принадлежит оптимальному.

Далее анализировался ряд Ra20 в сравнении с Ra10. С помощью таблицы для числа типоразмеров ряда Ra20 (20 членов) найдено для 19-го и 20-го типоразмеров $\gamma_{20,20}=0,75$; $N'_{20,20,\ I}=0,02$.

Вновь решено неравенство уже по новым данным

$$(1+0,75)^{0,8}\cdot 0,07\cdot 8,81+\frac{0,001\cdot 93,06}{(1000\cdot 0,02)^{-0,2}}\neq\frac{1}{1,12^{1,65}}\times$$

$$\times\left[0,07\cdot 8,81+\frac{0,001\cdot 93,06}{(1000\cdot 0,02)^{-0,2}}\right]+0,75^{0,8}\cdot 0,07\cdot 8,81;$$

$$1,13<1,15.$$

Таким образом, установлено, что типоразмеры ряда Ra20 также не входят в оптимальный ряд.

Далее произведена проверка ряда Ra10 (10 типоразмеров) в сравнении с Ra5 — наименьшее $\gamma_{10,10}=0,60$; $N'_{10,10,\ I}=0,06$.

Решение соответствующего неравенства привело к значениям

$$1,13>0,98.$$

Знак неравенства показывает, что типоразмеры ряда Ra10 входят в оптимальный ряд. Поставив в неравенство наибольшее $\gamma_{2,10}=1,66$ и $N_{2,10,I}=0,04$ для проверки принадлежности всего ряда Ra10 оптимальному и решив неравенство, получили

$$1,55>1,49.$$

Таким образом, оптимальный ряд состоит из 10 типоразмеров ряда Ra10: 50—63—80—100—125—160—200—250—320—400 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кац Г. Б., Ковалев А. П. Технико-экономический анализ и оптимизация конструкций машин. — М.: Машиностроение, 1981. — 214 с.

2. Кац Г. Б., Антипенко В. С., Жерновой А. П., Розанов В. И. Задачи оптимизации параметрических рядов изделий машиностроения с размерным параметром // Вестник машиностроения. — 1980. — № 2. — С. 67—69.

3. Кремянский В. Я., Степанян А. Д. Унификация зубчатых колес в станкостроении // Промышленность Армении. — 1977. — № 12. — С. 33—36.

4. Кремянский В. Я., Степанян А. Д. Совместная оптимизация основных параметров зубчатых колес при их унификации // Стандарты и качество. — 1984. — № 2. — С. 26—28.

5. Методические указания. РДМУ 119—78. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации. Определение целесообразных границ комплексности и целесообразного уровня опережаемости. — М.: Изд-во стандартов, 1978. — 32 с.

6. Методические указания. РД 50-220—80. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации. Классификация и области применимости теоретических методов. — М.: Изд-во стандартов, 1981. — 63 с.

7. Методические указания. РД 50-219—80. Количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации. Методы прогнозирования при оптимизации. Основные положения. — М.: Изд-во стандартов, 1980.

8. Комаров Г. А. Математические модели оптимизации требований стандартов. — М.: Изд-во стандартов, 1976. — 183 с.

9. Методические указания. РД 50-397—83. Единая система стандартов приборостроения. Оптимизация параметрических рядов средств измерений и автоматизации. Базовые модели. — М.: Изд-во стандартов, 1984. — 21 с.

10. Методические рекомендации МР 4—81. Методы построения параметрических и типоразмерных рядов деталей и сборочных единиц общемашиностроительного применения / ВНИИНМАШ. — М., 1981. — 41 с.

11. Методика унификации деталей и сборочных единиц общемашиностроительного применения / ВНИИНМАШ. — М., 1974. — 153 с.

12. Кремянский В. Я. Способ различий в нагрузках при оптимизации рядов унифицированных деталей // Стандарты и качество. — 1976. — № 1. — С. 58—59, 72.

13. Кремянский В. Я. Целевые функции и методы машинной оптимизации параметрических рядов деталей машин // Экспресс-стандарт. — 1975. — № 53.— С. 5—9.

14. Кремянский В. Я. Этапы унификации деталей машин и их теоретическое обоснование. — Материалы Всесоюзной научно-технической конференции «Проблемы унификации и агрегатирования в машиностроении» (Ереван, декабрь, 1975). — М., Госстандарт, ВНИИНМАШ, 1977. — С. 55—60.

15. Кремянский В. Я. О построении оптимальных рядов главного параметра при унификации деталей машин. — Тезисы докладов научно-технического совещания «Стандартизация и управление качеством продукции в химическом и нефтяном машиностроении». — М. ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1976. — С. 26—31.

16. Снесарев Г. А. Основы унификации и построения параметрических рядов машин. — М.: Машиностроение, 1967. — 49 с.

17. Ипатов М. И. Расчеты себестоимости проектируемых машин. — М.: Машиностроение, 1968. — 179 с.

18. Кремянский В. Я. Метод оптимизации параметрических рядов деталей машин // Вестник машиностроения. — 1976. — № 6. — С. 33—35.

19. Иванов А. В. Экономика рядов машин. — М.: Изд-во стандартов, 1975.— 108 с.

20. Кубарев А. И. Унификация в машиностроении. — М.: Изд-во стандартов, 1969. — 160 с.

21. Типовая методика оптимизации одномерного параметрического (типоразмерного) ряда. — М.: Изд-во стандартов, 1976. — 64 с.

22. Типовая методика оптимизации многомерных параметрических рядов. — М.: Изд-во стандартов, 1975. — 43 с.
23. Ткаченко В. В., Алексеев Ю. Т., Комаров Д. М. Система оптимизации параметров объектов стандартизации. — М.: Изд-во стандартов, 1977.
24. Карпов Л. И., Аристов А. И. Оптимальные задачи стандартизации в машиностроении / МАДИ. — М., 1982. — 82 с.
25. Рекомендации «Методы построения параметрических и типоразмерных рядов систем машин» / ВНИИНМАШ. — М.: 1977. — 31 с.
26. Гимади Э. Х., Дементьев В. Т. Методы решения некоторых типичных задач оптимизации параметрических рядов // Стандарты и качество. — 1971. — № 12. — С. 10—12.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **РАЗРАБОТАНЫ И ВНЕСЕНЫ** Всесоюзным научно-исследовательским институтом по нормализации в машиностроении **(ВНИИНМАШ)**

Зам. директора к. т. н. **Б. Н. Волков**
Руководитель темы, зав. сектором **В. Я. Кремянский**

ИСПОЛНИТЕЛЬ В. Я. Кремянский

2. **УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ** Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25.03.87 № 951.

3. **ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ**

4. **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ:**

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, подпункта, перечисления, приложения
ГОСТ 23945.0—80	1.1; 1.2; 1.4
ГОСТ 1643—81	1.9; 3.5; 4.3
ГОСТ 6636—69	1.9.; 3.6; 4.3
ГОСТ 8032—84	1.9; 3.6; 6.1.4
ГОСТ 8419—75	6.1.4
ГОСТ 11521—82	3.5.; 6.14
ГОСТ 5721—75	6.1.4
ГОСТ 25347—82	3.5
РД 50—220—80	5.7

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 1
2. Выбор главных и основных параметров 6
3. Технические и технико-экономические факторы, подлежащие учету при построении рядов деталей и составных частей, и способы учета факторов 6
4. Целевые функции и ограничения для построения рядов 13
5. Требования к методам построения параметрических и типоразмерных рядов 19
6. Методы построения параметрических и типоразмерных рядов деталей и сборочных единиц 20
Приложение 1. Рекомендуемое. Методика установления рациональных значений основных удельных показателей технического уровня деталей и сборочных единиц общемашиностроительного применения (ОМП) 27
Приложение 2. Рекомендуемое. Установление рациональных значений удельных показателей технического уровня унифицированных зубчатых колес 29
Приложение 3. Обязательное. Номенклатура главных и основных параметров деталей и сборочных единиц ОМП 32
Приложение 4. Рекомендуемое. Способ расчета уменьшения потребности в подшипниках качения за счет роста безотказности в условиях эксплуатации при пониженных нагрузках 35
Приложение 5. Рекомендуемое. Целевая функция для оптимизации ряда передаточных отношений зубчатых передач коробок скоростей металлорежущих станков 37
Приложение 6. Справочное. Построение оптимального параметрического ряда (ряда главного параметра) пар конических зубчатых колес методом точек перехода 38
Список литературы 40

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Унификация изделий
Построение параметрических и типоразмерных рядов деталей и сборочных единиц общемашиностроительного применения

РД 50—632—87

Редактор *Т. В. Пантелеева*
Технический редактор *Г. А. Теребинкина*
Корректор *Е. А. Богачкова*

Н/К

Сдано в наб. 27.07.87 Подп. в печ. 03.11.87 Т—23307 Формат 60×90¹/₁₆ Бумага типографская № 1 Гарнитура литературная Печать высокая 3,0 усл. п. л. 3,0 усл. кр.-отт. 2,99 уч.-изд. л. Тираж 10 000 экз. Зак. 987 Цена 20 коп. Изд. № 9540/4

gost.e-ecolog.ru

[illegible]та» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник». Москва, Лялин пер., 6.