

ЛАПТЕВА ЕВГЕНИЯ НИКОЛАЕВНА

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРИПУСКА (НА ПРИМЕРЕ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ)**

05.13.06 - автоматизация и управление технологическими процессами
и производствами (в машиностроении)

05.03.01 - технологии и оборудование механической и физико-технической
обработки

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 2004 г.

Работа выполнена на кафедре технологии **машиностроения**, металлорежущих станков и инструментов инженерного факультета Российского университета дружбы народов.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Рогов В.А.

Официальные оппоненты:

1. доктор технических наук, профессор Л. М. Саликов
2. кандидат технических наук, доцент А. В. Ключников

Ведущая организация:

Федеральное государственное унитарное предприятие
Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро «Онега»

Защита состоится «____»_____2004 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 212.203.16 при Российском университете дружбы народов по адресу: 113090 г. Москва, Подольское шоссе, д. 8/5 ауд. №_____

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Российского университета дружбы народов (117198 г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6)

Автореферат разослан «____»_____2004 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

кандидат технических наук, доцент

В. В. Соловьев.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность проблемы: Одним из приоритетных направлений совершенствования методов металлообработки является повышение точности и эффективности механической обработки сложнопрофильных изделий, которое во многом зависит от правильности выбора баз и оптимальности распределения припуска на всех технологических операциях.

Применяемые в настоящее время в производстве методы распределения припусков с учетом специфики сложнопрофильных литых заготовок не автоматизированы и не обеспечивают требуемой точности и быстрой реакции. Применение автоматизированной системы управления процессом распределения припусков, основанной на бесконтактном методе контроля поверхности изделия на рабочем месте, позволило бы повысить точность и сократить время выполнения межоперационного распределения припусков на последующую обработку изделий. Это обстоятельство определяет актуальность разработки автоматизированной системы управления технологическим процессом распределения припусков.

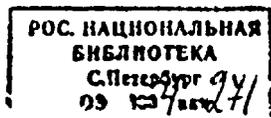
Целью исследования является разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом распределения припусков при механической обработке поверхностей сложной формы на основе стереофотограмметрического метода контроля поверхности.

Методика исследования. Выполненные в работе исследования основываются на методах математического моделирования, аналитической геометрии, алгоритмизации с оптимизацией объема вычислений.

Научная новизна. Разработана методика преобразования трехмерных координат точек поверхности объекта в величины отклонений геометрической формы измеряемой заготовки от точно-заданной формы поверхности готового изделия. Указанная методика явилась основой для создания алгоритма распределения припуска при обработке крупногабаритных фасонных деталей в реальном масштабе времени, позволяющего в автоматизированном режиме осуществлять выбор оптимальных величин припусков на первой и последующих операциях механической обработки.

Практическая ценность работы. Практическое значение выполненных в работе исследований заключается в создании производственной системы автоматизированного распределения припусков на всех операциях механической обработки крупногабаритных фасонных деталей.

Апробация работы: Отдельные разделы работы и вся работа в целом обсуждались на заседаниях кафедр «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Российского университета дружбы народов; «Технология металлов и машиностроения» Севмашвтуз; на международных научно-технических конференциях «Ломоносовские чтения», Севмашвтуз, 1999 год и «Стратегические интересы и актуальные проблемы России на европейском севере», Архангельский филиал Московского института управления, 2000 г.



Публикации: По результатам исследования опубликованы 7 работ.,

Структура и объем работы: Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов, 4 приложений, списка использованной литературы, изложена на _____ страницах машинописного текста, содержит _____ рисунков и _____ таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ:

Во введении обосновываются актуальность темы и основные направления исследования.

В первой главе анализируются основные типы деталей, для которых начальное распределение припуска является трудоемкой задачей. Отмечается, что наибольшие трудности возникают при обработке крупногабаритных изделий с точно-задаваемыми поверхностями, в частности, гребных винтов. Рассматриваются и классифицируются существующие методы распределения припусков заготовок гребных винтов. Эти методы подразделяются по количеству измеряемых координат, степени автоматизации, способам измерения (контактным и бесконтактным). Приводятся данные о быстродействии и помехоустойчивости методов. Отмечается, что наиболее перспективным среди современных автоматизированных бесконтактных методов является стереофотограмметрический метод измерения.

Выполнен анализ существующих математических методов воспроизведения и последующего анализа точно-заданных поверхностей. В результате установлено, что графические методы затрудняют качественный анализ. Интерполяция полиномами дает кусочные функции с разрывами производных в точках соединения последовательных отрезков кривых. При использовании сплайн-интерполяции результат является кусочно-линейной функцией, разбивающей поверхность винта на множество подплоскостей, пересекающихся в точках, координаты которых заданы измерениями. Сравнить подобную «лоскутную» модель с эталонной практически невозможно.

Выполненный в главе анализ позволил сформулировать следующие положения:

1. Начальное распределение припуска заготовки является операцией, определяющей маршрут всей дальнейшей обработки заготовки.
2. На качество начального распределения припуска оказывают существенное влияние состояние заготовки и точность контроля геометрических параметров заготовки.
3. Анализ применяемых в настоящее время способов контроля геометрической формы гребных винтов показал, что применение контактных методов измерения не может дать требуемой точности. При этом существенно увеличивается длительность операции измерения.

4. К настоящему моменту не разработано единой математической методики, позволяющей преобразовать трехмерные координаты точек поверхности в отклонения геометрической формы измеряемого объекта от заданного по чертежу (так называемого эталона).

5. В настоящее время не существует методики, позволяющей проводить в автоматизированном режиме начальное и межоперационное распределение* припуска на изделиях с точно-задаваемой поверхностью с применением контрольно-измерительной аппаратуры, связанной с системой управления станком.

Сформулированы следующие задачи, решение которых необходимо для достижения поставленной цели:

1. Разработка математической методики преобразования трехмерных координат точек поверхности объекта в отклонения геометрической формы измеряемой заготовки от точно-заданной формы поверхности готового изделия.

2. Получение оценок точности математической методики преобразования трехмерных координат точек поверхности объекта в отклонения геометрической формы измеряемой заготовки от точно-заданной формы поверхности готового изделия.

3. Разработка методики начального и межоперационного автоматического распределения припусков на последующую обработку заготовок гребного винта на основе вышеуказанного алгоритма.

4. Подтверждение работоспособности методики распределения припусков в ходе лабораторных испытаний.

5. Подтверждение данных, полученных в ходе лабораторных испытаний производственными испытаниями.

Настоящая работа построена на основе теоретических и практических исследований, проводимых по заказу ГМП "Звездочка" с 1992 года.

Вторая глава посвящена разработке математической методики формирования и анализа пространственной формы объекта на основе трехмерных координат точек его поверхности. Отдельное внимание уделяется проблемам сопоставления математической модели измеренной заготовки с моделью эталонного винта. За основу воссоздания математической модели берется геометрическое место центра точек поверхности. Расчет координат геометрического места центра точек производится по следующим формулам:

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad y_c = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad z_c = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{n}$$

где $i = 1 \dots n$ - номер измеренной точки; n - количество измеряемых точек; (x_i, y_i, z_i) - координаты i -той измеренной точки; (x_c, y_c, z_c) -

координаты геометрического места центра точек.

В полученную точку переносится центр прямоугольной системы координат:

$$x'_i = x_i - x_c, \quad y'_i = y_i - y_c, \quad z'_i = z_i - z_c$$

где (x'_i, y'_i, z'_i) - координаты i -той измеренной точки в прямоугольной системе координат с центром в точке (x_c, y_c, z_c) .

Каждой из точек поверхности ставится в соответствие вектор из геометрического места центра точек в данную точку. Рассчитываются параметры полярной системы координат - угол с осью Ox , угол с осью Oy и длина радиус-вектора:

$$\varphi_i = \arctg \frac{x'_i}{z'_i}, \quad \psi_i = \arctg \frac{y'_i}{z'_i}, \quad r_i = \sqrt{(x'_i)^2 + (y'_i)^2 + (z'_i)^2}$$

где φ_i - угол между радиус-вектором i -той точки и осью Ox ; ψ_i - угол между радиус-вектором i -той точки и осью Oy ; r_i - длина радиус-вектора i -той точки.

В результате нами получена математическая модель измеренной заготовки, где положение каждой точки поверхности описано тремя параметрами: углом φ по отношению к плоскости Ox , углом ψ по отношению к плоскости Oy и расстоянием r от центра точек фигуры.

Данная модель ориентирована произвольно - направления осей не привязаны к особенностям геометрии измеренного объекта. Однако для адекватного сопоставления модели измеренного объекта и эталонной модели необходима единообразная ориентация осей.

Выберем в качестве характерного признака, определяющего ориентацию оси Oy , осевую одну из лопастей винта. Номер выбранной лопасти не имеет значения, так как винт - симметричная фигура. Тогда ось Ox будет направлена вдоль оси ступицы винта, а ось Oz — перпендикулярно Ox и Oy .

Пусть действительное направление оси Oy задается специально проставленной реперной точкой (присвоим ей индекс κ), местоположение которой определяется пересечением линии кромки лопасти с осевой лопастью. Тогда для данной точки

$$\psi'_\kappa = 0$$

а разность

$$\xi = \psi_\kappa - \psi'_\kappa$$

является углом поворота по оси Oy . Такой поворот будет производиться в горизонтальной плоскости, следовательно направление вертикальной оси Ox не изменится, а ось Oz должна быть смещена в положение,

перпендикулярное новому положению Oy .

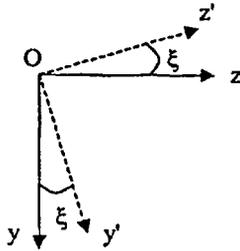


Рис 1: Изменение направления осей Oy , Oz .

Как видно из рисунка 1, для сохранения перпендикулярности осей Oy , Oz , последняя ось также должна быть повернута на угол ξ , однако, так как угол γ вектора данной точки с осью Oz является избыточной информацией, уже содержащейся в значениях φ , ψ и перпендикулярности осей, и значение угла γ не используется в дальнейших вычислениях, данные расчеты нет необходимости производить, и приведение математической модели к правильной ориентации осуществляется при помощи формулы:

$$\psi'_i = \psi_i - \xi$$

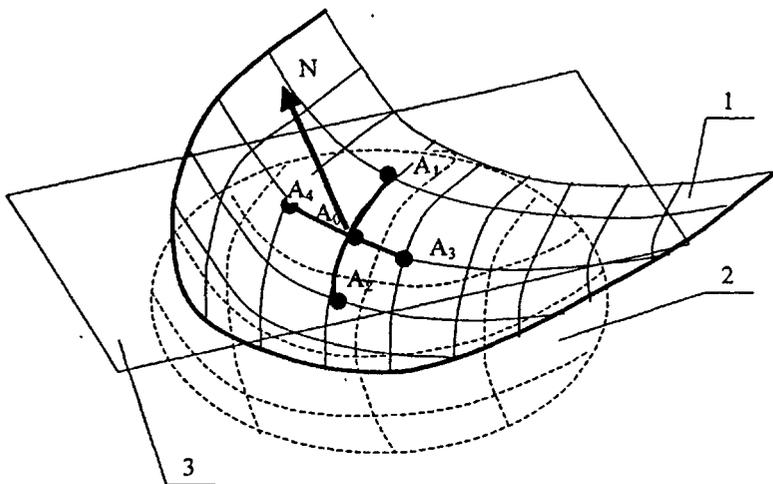
где ψ'_i - значение угла между радиус-вектором i -той точки и осью Oy .

Для дальнейших расчетов необходимо перейти от полярной к прямоугольной системе координат:

$$z''_i = \frac{r_i}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi_i + \operatorname{tg}^2 \psi'_i} + 1} \quad x''_i = z''_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i, \quad y''_i = z''_i \cdot \operatorname{tg} \psi'_i$$

где (x''_i, y''_i, z''_i) - координаты i -той измеренной точки в прямоугольной правильно ориентированной системе координат с центром в точке (x_c, y_c, z_c) .

Расчет точно-заданной формы поверхности готового изделия - так называемого эталона - производится аналогичным образом по данным, приведенным в выходной документации винта. При формировании математической модели эталонного винта, необходимо задать направление снятия припуска в каждой из точек, то есть найти направление нормали к поверхности заготовки в данной точке. Так как эталонная поверхность является точно-заданной, непосредственный расчет уравнения прямой, перпендикулярной поверхности невозможен. Однако мы можем представить эталонную поверхность в окрестностях точки A_0 , как эллипсоид, проведенный через эталонные точки, ближайšie к точке A_0 (см. рис.2.)



1 — эталонная поверхность; 2 — построенный эллипс;
3 — касательная плоскость эллипса в точке A_0

Рис.2. Построение эллипсоидной поверхности, касательной эталонной математической модели в окрестностях точки A_0

Уравнение эллипсоида с центром в начале координат имеет вид:

$$A_1x^2 + B_1y^2 + C_1z^2 + D_1 = 0$$

где A_1, B_1, C_1, D_1 - искомые параметры эллипса.

Параметры эллипса находятся по методу наименьших квадратов, целевая функция которого в данном случае имеет следующий вид:

$$S = \sum_i \left(\sqrt{\frac{1}{C_i} (D_i - A_i x_i^2 - B_i y_i^2) - z_i} \right)^2 \rightarrow \min$$

где $k=0,1,\dots,5$ — номер соседней точки (см. рис. 2).

Уравнение плоскости, касательной к эллипсоиду в точке A_0 с координатами (x_0, y_0, z_0) имеет вид:

$$(x - x_0)A_1x_0 + (y - y_0)B_1y_0 + (z - z_0)C_1z_0 = 0$$

Тогда вектор нормали касательной плоскости эллипсоида в точке A_0 задается значениями

$$A_N = A, x_0, \quad B_N = B, y_0, \quad C_N = C, z_0$$

где A_N, B_N, C_N, D_N - искомые параметры нормали к поверхности в точке A_0 .

Длина нормали, равная требуемому значению припуска, определяется из нормативных документов винта.

Для того, чтобы определить имеющееся значение припуска, необходимо найти такую точку на поверхности измеренного объекта, которая является ближайшей к точке пересечения нормалью поверхности заготовки (см. рис 3).

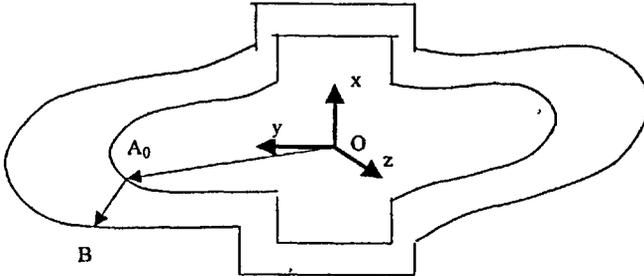


Рис.3. Совмещение измеренной и эталонной моделей.

Для определения соответствующей точки используем критерий оптимальности, основанный на квадратах разностей отклонений углов точек как по оси Ox , так и по оси Oy . Так как весовые коэффициенты для x и y одинаковы, то значения отклонений по данным углам учитываются в одинаковой мере. При этом, чем больше расхождение по какой-либо координате, тем большее влияние оно имеет на результат расчета формулы, и наоборот, отклонениями, стремящимися к нулю, в данном случае следует пренебречь. Вышеуказанные требования к критерию оптимальности удовлетворяются квадратичным критерием следующего вида:

$$K_{[i,j]} = \sqrt{(x_i'' - A_{Nj}(z_i'' - z_j''))^2 + (y_i'' - B_{Nj}(z_i'' - z_j''))^2 + (z_i'' - z_j'')^2}$$

где (x_i'', y_i'', z_i'') - координаты i -той измеренной точки в прямоугольной правильно ориентированной системе координат с центром в точке (x_c, y_c, z_c) , $j = 1 \dots m$ - номер эталонной точки, m - количество эталонных точек; (x_j'', y_j'', z_j'') - координаты j -той эталонной точки в прямоугольной правильно ориентированной системе координат с центром в точке (x_c, y_c, z_c) .

Чем меньше значение критерия, тем ближе i -тая измеренная точка к нормали, восстановленной из j -той эталонной точки. Для точки, признанной

ближайшей к нормали, находим длину вектора имеющегося припуска. Чтобы полученные величины разности могли быть автоматически проанализированы, нормируем их путем деления на среднее значение отклонения длины вектора нормали. На основе таблицы абсолютных и относительных значений разностей длин векторов вырабатываются рекомендации по изменению положения заготовки, которые могут быть введены в систему управления станка.

В третьей главе рассматриваются алгоритмические принципы организации автоматизированной системы управления технологическим процессом распределения припуска, основанной на стереофотограмметрическом методе измерения и разработанной математической методике анализа полученных данных. Во-первых, по имеющейся документации на гребной винт (паспорт гребного винта) определяются требуемые координаты точек поверхности. На основе этих данных по разработанной математической методике производится расчет эталонной математической модели. Затем производится стереофотограмметрическая съемка объектов, объединение полученных фрагментов в единую систему координат и расчет координат точек поверхности измеренной заготовки. По известным значениям координат рассчитывается математическая модель измеренного винта. Для каждой из эталонных точек находится такая измеренная точка, которая наиболее близка к нормали, проведенной из данной эталонной точки, рассчитывается имеющееся значение припуска в данной точке. В зависимости от количества припусков в эталонных точках возможны три ситуации:

- Выбраковка заготовки, если в текущем и любых возможных положениях заготовки в нее невозможно вписать винт.
- Расчет вектора перемещения, если текущее расположение заготовки не является оптимальным. Компьютерный анализ имеющихся припусков позволяет выработать рекомендации по перемещению заготовки.
- Признание текущего расположения заготовки оптимальным. В этом случае данные о имеющихся значениях припуска поступают в ЧПУ станка.

Расчет вектора требуемого перемещения заготовки основан на данных о геометрическом месте центра точек измеренной поверхности, задающих горизонтальное перемещение заготовки, и данных об отклонении имеющихся значений припуска от необходимых величин. Для найденного вектора перемещения рассчитываются значения ожидаемых координат точек поверхности заготовки, производится расчет математической модели измеренной поверхности, находятся новые значения отклонения припусков

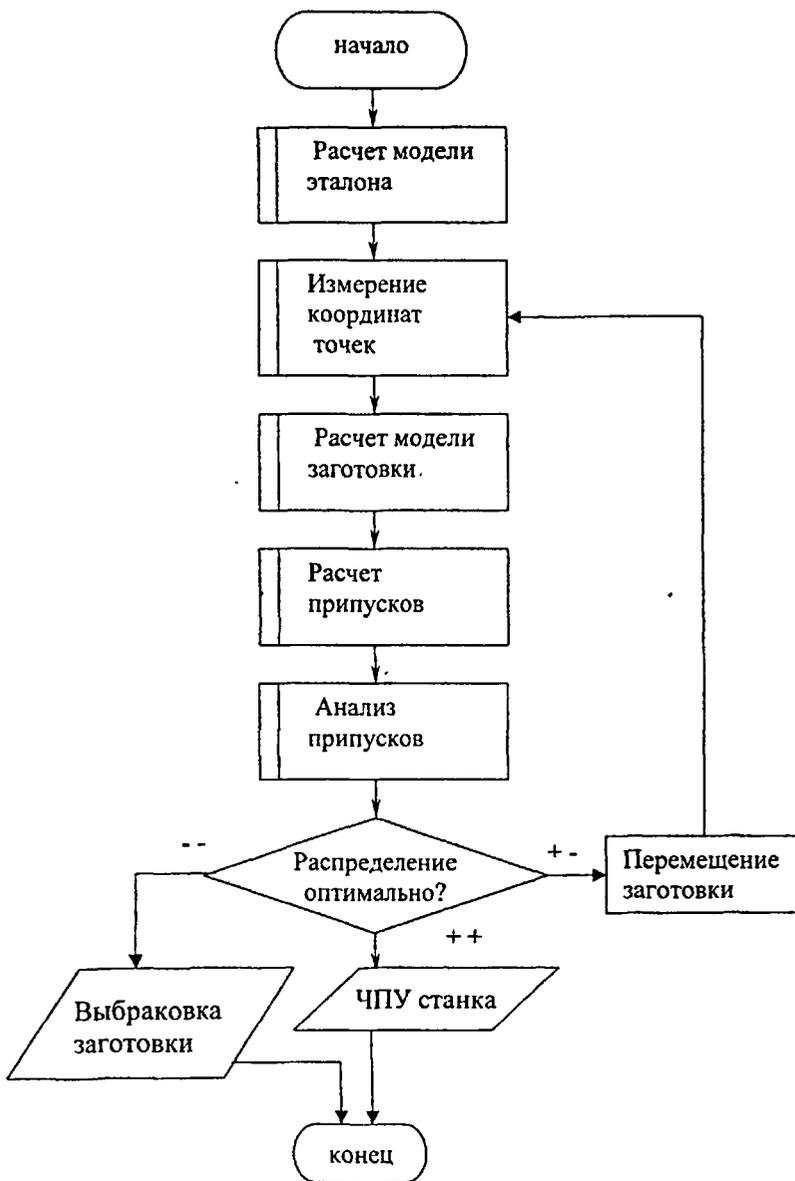


Рис. 4. Блок-схема обобщенного алгоритма распределения припуска.

Поскольку распределение припуска - нелинейная задача, имеющая множество вероятных реализаций, окончательное решение принимается группой квалифицированных специалистов или лицом, принимающим решение (ЛПР). Обобщенный алгоритм методики распределения припуска представлен на рис.4.

Разработан алгоритм работы автоматизированной системы управления технологическим процессом распределения припуска на заготовках гребных винтов — АСУТП «Оптим». Основа данной системы — разработанный алгоритм распределения припусков, которая, в свою очередь, базируется на математической методике преобразования трехмерных координат точек поверхности объекта в величины отклонений геометрической формы измеряемой заготовки от точно-заданной формы поверхности готового изделия.

Работа АСУТП начинается с анализа документации на изготавливаемый гребной винт. Если винты данного типа производились ранее, в базе данных АСУТП имеется эталонная модель готового винта. В противном случае первым шагом работы системы является расчет математической модели эталонного винта данного типа. Приведенные в паспорте винта данные о шаге сечений лопасти, значениях толщин и катетов в контрольных точках на сечениях 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 0,95 радиуса винта преобразуются в трехмерные координаты точек поверхности эталонного винта. Данные о координатах точек служат основой для расчета математической модели эталона.

После того, как заготовка пройдет дефектоскопию, она размещается на рабочей поверхности станка. Производится первая контрольная операция определения пригодности заготовки по геометрическим параметрам. Если заготовка признана годной, выбирается оптимальное распределение существующих припусков. Информация об имеющихся припусках поступает в систему управления станка с ЧПУ. В случае, когда количество припуска велико, он делится на черновую и чистовую обработки. Быстродействие работы АСУТП позволяет производить операции распределения припусков после каждой черновой обработки, причем время производственного процесса увеличивается незначительно (так как контроль производится при уже известных параметрах текущей установки системы).

По завершении операции чистовой обработки, производится межоперационный контроль. Он необходим для большинства операций обработки винта (за исключением шлифования). Количество таких операций зависит от типа винта.

По завершению всех операций обработки винта производится выходной контроль, по результатам проведения которого заполняется паспорт винта.

Блок-схема полученного алгоритма приведена на рисунке 5.

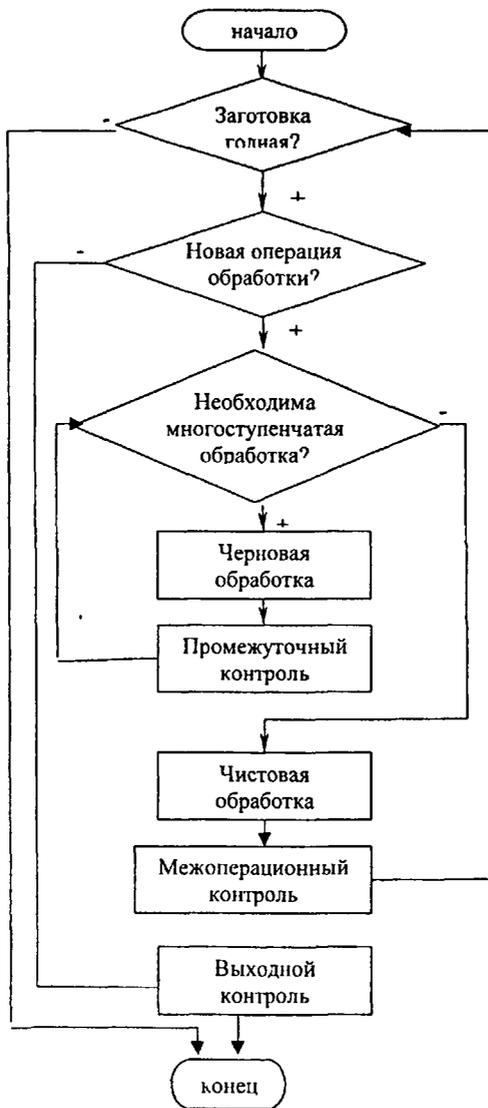


Рис. 5. Блок-схема обобщенного алгоритма функционирования АСУТП.

В четвертой главе содержится описание лабораторных испытаний АСУТП и анализ полученных в результате испытания данных. Работа методики рассмотрена на контрольном наборе из 154 измеренных точек и 32 точек эталонного объекта. Приведены данные промежуточных расчетов математических моделей измеренного и эталонного объекта, а также полученные значения критерия оптимальности. Математический метод доказал свою работоспособность, выделив из массива исходных точек те, что соответствуют эталонным, причем оптимальное значение критерия на порядок меньше, чем второе по малости значение критерия для каждой эталонной точки, что полностью исключает появление квазисоответствующих пар точек.

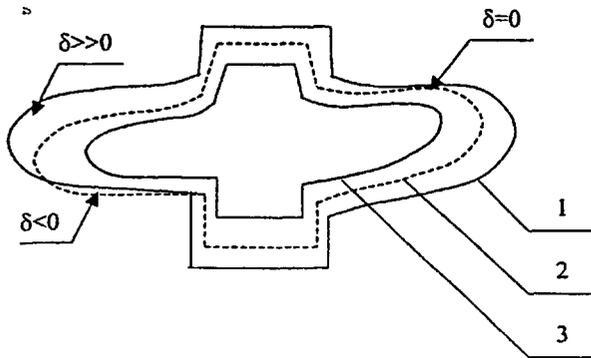
Проанализирована точность и стабильность получаемых результатов. Максимальное из получаемых значений критерия вдвое меньше погрешности определения координат, следовательно, данный метод увеличивает точность работы системы в целом. Среднее значение критерия - 0,00039, отклонение от среднего значения порядка 10^{-8} . Следовательно, данный метод можно с полным основанием считать высокоточным и стабильным.

Приведены примеры имеющихся распределений припусков как для случае выбраковки заготовки, так и для случая расчета вектора. Обозначим как δ_j количество имеющегося припуска в j -той эталонной точке.

Рассмотрим случай взаимного наложения математической модели измеренной заготовки и эталонной модели, представленный на рисунке 6. Взаимное расположение точек поверхности заготовки, в которых величина имеющегося припуска меньше требуемого значения, таково, что перемещение модели заготовки с целью увеличения припуска в точках, где $\delta_j < 0$, повлечет за собой недопустимое уменьшение припуска в тех точках, где в настоящий момент $\delta_j = 0$. Следовательно, невозможно задать такой вектор перемещения заготовки, при котором во всех контрольных точках эталонной математической модели будет достаточное количество припуска. Такая заготовка подлежит выбраковке.

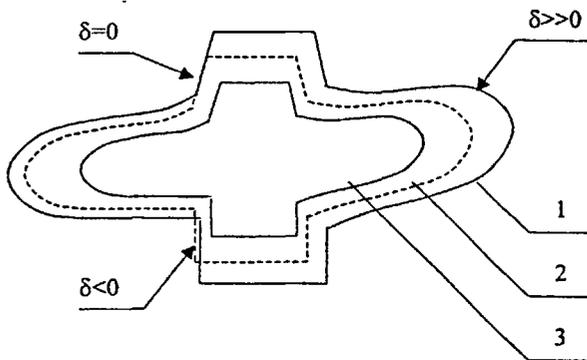
В другом случае несмотря на то, что при данной установке заготовки имеется ряд точек, для которых величина имеющегося припуска меньше, чем требуемое значение, то есть $\delta_j < 0$ и имеются точки, для которых $\delta_j = 0$, анализ расположения точек, для которых значение имеющегося припуска значительно превосходит нормативное значение показывает, что возможно перемещение заготовки, при котором для всех эталонных точек значение имеющегося припуска будет не менее, чем требуемое. В данном случае вектор перемещения строго горизонтален (рис. 7).

Производственные испытания разработанной автоматизированной системы управления технологическим процессом распределения припуска подтвердили данные по точности и стабильности получения результатов методики распределения припуска. По результатам производственных испытаний АСУТП была внедрена в процесс производства гребных винтов цеха № 2 ФГУП "МП Звездочка".



1 — математическая модель измеренной заготовки; 2 -отступ на припуск;
 3 - математическая модель эталона.

Рис. 6. Несоответствие заготовки и эталонной модели винта.



1 - математическая модель измеренной заготовки; 2 -отступ на припуск,
 3 - математическая модель эталона.

Рис. 7. Смещенное расположение заготовки относительно эталонной модели винта.

В пятой главе приведен расчет срока окупаемости АСУТП «Оптим» и предполагаемого дохода от ее внедрения, исходя из ее себестоимости и выигрыша по времени, получаемого при использовании системы на ФГУП "МП Звездочка" при проведении операции распределения припуска на последующую обработку заготовок гребных винтов. В качестве эталонного винта рассматривался гребной винт диаметром 15 метров, высотой 8 метров и весом 1 тонну.

В качестве затрат на внедрение системы рассматривались следующие статьи:

- Затраты на приобретение оборудования;
- Затраты на программное обеспечение;
- Затраты на обучение персонала;
- Расходы на оплату труда по договору научно-исследовательской работы.

Для того чтобы денежные вложения разных лет можно было анализировать в настоящем времени, было использовано дисконтирование денежных потоков. В качестве момента приведения рассматривался 2004 год. Оценка возврата инвестируемого капитала рассматривалась на основе показателя денежного потока, формируемого за счет сумм чистой прибыли и амортизационных отчислений в процессе эксплуатации инвестиционного проекта

Рассчитано, что при использовании АСУТП вместо применяемых в настоящее время методов распределения припуска выигрыш по времени составит 101,3 часа на один гребной винт. Годовой экономический эффект от внедрения АСУТП составит 101 541 руб. С учетом существующих объемов производства автоматизированная система окупится за 11,7 месяца.

Основные выводы по работе

1. Разработана автоматизированная система управления технологическим процессом распределения припусков на последующую механическую обработку поверхностей сложной формы, позволяющая давать оценку пригодности заготовки для дальнейшей механической обработки и обеспечивать равномерное распределение припуска
2. На основе приведенного анализа способов контроля геометрической формы крупногабаритных конструкций установлено, что наиболее перспективным является бесконтактный стереофотограмметрический метод, позволяющий производить контроль геометрической формы изделия на рабочем месте в режиме реального времени.
3. На основании анализа существующих математических методик воссоздания и сопоставления поверхностей разработана единая математическая методика построения и совместного анализа

- математических моделей измеренного и эталонного объекта.
4. Разработанная математическая методика позволяет составлять рассчитанные математические модели измеренного и эталонного объектов и вычислять имеющиеся значения припусков для последующей механической обработки.
 5. Точность и стабильность получения результатов при помощи математического алгоритма подтверждена лабораторными испытаниями и статистическими оценками полученных данных.
 6. Разработанная методика начального распределения припуска позволяет произвести полный комплекс операций от измерения геометрических параметров объекта до выработки рекомендаций по перемещению заготовки для последующей обработки.
 7. Работоспособность автоматизированной системы управления технологическим процессом распределения припуска, основанной на разработанной методике и предложенном математическом алгоритме подтверждена производственными испытаниями и внедрением разработанной АСУТП в производственный процесс цеха №2 ФГУП «МП Звездочка».

Основное содержание диссертации отражено в следующих публикациях:

1. Лаптева Е.Н., Черепенин Ф. В. Метод гомоморфной фильтрации применительно к стереофотограмметрической обработке изображений.// Сборник статей, посвященный Ломоносовским чтениям. - Северодвинск: РИО Севмашвуза, 1999. - С. 10-13.
2. Лаптева Е.Н., Мансуров Д.В., Черепенин Ф. В. Метод определения двумерных координат точек стереопар.// Сборник статей, посвященный Ломоносовским чтениям. - Северодвинск: РИО Севмашвуза, 1999. - С. 14-17.
3. Лаптева Е.Н., Мансуров Д.В., Черепенин Ф. В. К вопросу о калибровке видеограмметрической системы. // Вопросы технологии, эффективности производства и надежности. - Северодвинск: типография ГУП ПО СМП, 1999. - Вып. 17. ч. II. - С. 78-85.
4. Лаптева Е.Н. Стереофотограмметрический метод воссоздания трехмерной формы изображения.// Стратегические интересы и актуальные проблемы России на европейском севере: Тез. докл. межд. науч. конф. 20-22 мая 2000 г. - Архангельск: Правда Севера, 2000. - С. 14 - 18.
5. Лаптева Е.Н. Рогов В.А. Автоматизированная система управления технологическим процессом распределения припуска. // Проблемы корабельного машиностроения. - Северодвинск: типография ГУП ПО СМП, 2004. - Вып. 3. - С. 52-57.
6. Лаптева Е.Н. Методика получения и анализа пространственной формы объекта на основе трехмерных координат точек его поверхности. - М.: 2004. - Деп. в ВИНТИ 05.04.04, № 556 - В2004.

7. Лаптева Е.Н. Рогов В.А. Автоматизированное распределение припусков на последующую обработку крупногабаритных, сложнопрофильных изделий. - М: 2004. - Деп. в ВИНТИ 05.04.04, № 557 - В2004

Лаптева Евгения Николаевна (Россия)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИПУСКА (НА
ПРИМЕРЕ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ)

Диссертация посвящена разработке автоматизированной системы управления технологическим процессом распределения припусков на последующую обработку крупногабаритных сложнопрофильных изделиях. Проведено исследование существующих методов распределения припусков. Разработан математический метод составления и анализа модели изделия. Составлен алгоритм работы АСУТП. Приведены данные лабораторных испытаний, доказывающие точность и стабильность получаемых результатов.

Результаты исследования внедрены в технологический процесс изготовления гребных винтов.

Evgenia Nicolaevna Lapteva (Russia)

AUTOMATION SYSTEM OF LARGE-GABARIT COMPLEX PROFILE
HARDWARE ALLOWANCE DISTRIBUTION TECHNOLOGICAL PROCESS
CONTROL (IN SCREW-PROPELLERS MANUFACTURE).

The thesis is devoted to the development of automation system of large-gabarit complex profile hardware allowance distribution technological process control. The research of existing allowance distribution methods was carried out. The mathematical method of compiling and analysis model of object was worked out. The algorithm of automation allowance distribution technological process control was developed. The obtained data of laboratory tests show precision and stability developed method were represent.

The results of this research were inculcated in technological process of screw-propellers manufacture.

Подписано в печать 20.04.04 Формат 60×84/16.
Тираж 100 экз. Усл. печ. л. 1 . Заказ 382

Типография Издательства РУДН
117923, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

4-6772