

На правах рукописи

Рохин Олег Викторович

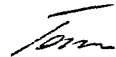


**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ФАСОННЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РЕЗАНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ)**

05.03.01 – технологии и оборудование механической и физико-
технической обработки

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



Москва – 2007г.

Работа выполнена в филиале Санкт-Петербургского государственного морского технического университета «СЕВМАШВТУЗ» на кафедре технологии металлов и машиностроения.

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор Рогов В.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, старший научный
сотрудник Козочкин М.П.
кандидат технических наук Михайловский М.А.

Ведущая организация – ФГУП НИПТБ «Онега»

Защита состоится «10» апреля 2007г. в 13 часов в ауд. 104 на заседании диссертационного совета Д 212.203.16 в Российском университете дружбы народов по адресу: 113090 г.Москва, Подольское шоссе, д. 8/5.

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

Автореферат разослан «___» марта 2007 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук,
доцент

10 марта 2007 г.
В.В. Соловьев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Главный путь повышения эффективности фрезерования крупногабаритных фасонных деталей – наиболее полное использование машинного времени, т.е. работа с наибольшей производительностью, когда выпуск деталей в единицу времени максимален.

В тоже время, совокупность САПР и информационного массива «облака точек», полученного с координатно-измерительной машины (КИМ), представляют возможности по созданию геометрических моделей, размерные параметры которых могут быть заданы конструктором детали, или определяются сканированием поверхностей физического объекта с помощью КИМ. Сравнение геометрии таких моделей позволяет выявить размерные отклонения от номинала, а с позиций процесса мехобработки, сравнение геометрии позволяет заново подойти к решению задачи оптимального «вписывания» в заготовку и предсказать глубину фрезерования при обработке фасонных деталей со сложной поверхностью.

Поэтому актуальность диссертации в научном аспекте состоит в попытке разрешения проблемы повышения эффективности фрезерования за счет установления более тесных связей между конструкторской теоретической моделью и изготавливаемой крупногабаритной фасонной деталью (например гребным винтом) в едином информационном пространстве САПР. Это позволит выявить детальные несоответствия между геометрией теоретической и измеряемой модели, предсказывать и корректировать дальнейший процесс фрезерования изделия. Актуальность темы в прикладном аспекте состоит в нахождении пригодных для производства методик, позволяющих выявлять и анализировать отклонение геометрии, а также принимать решения по корректировке параметров фрезерования доступными средствами САПР.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности обработки крупногабаритных фасонных деталей путем автоматизированной корректировки подачи и скорости фрезерования в зависимости от глубины резания.

Для выполнения данной цели необходимо решить следующие задачи:

разработать методику создания конструкторской модели на основе современного развития САПР;

разработать методику автоматизированного рационального распределения припусков заготовки и управления глубиной резания, за счет оптимального «вписывания» конструкторской модели в оцифрованную измеряемую модель заготовки на базе средств автоматизированной КИМ и алгоритмов программного обеспечения для контроля форм и размеров;

разработать теоретические положения и методику по корректировке режимов резания (подачи и скорости инструмента) в зависимости от изменения глубины резания при неравномерном припуске по критерию стабилизации силы резания и стойкости инструмента;

подтвердить правильность и работоспособность методик создания конструкторской и измеряемой модели, методики автоматизированного

управления глубиной резания и корректировки режимных параметров резания в производственных условиях.

Направления исследований.

1. Поиск путей создания и сравнения конструкторской и измеряемой модели на различных этапах изготовления гребного винта на основе современного развития САПР и автоматизированных КИМ.

2. Разработка методики «вписывания» винта в заготовку и ее первичной разметки средствами автоматизированной КИМ.

3. Развитие теоретических положений по корректировке режимов резания (подачи и скорости инструмента) в зависимости от изменения глубины резания при неравномерном припуске по критерию стабильности силы резания и стойкости инструмента.

4. Практическая реализация методик создания конструкторской и измеряемой модели, методики «вписывания» и корректировки режимных параметров резания.

Методы исследования. В работе использованы эмпирические и теоретические методы исследования. При выполнении работы использованы основные положения теории проектирования гребных винтов с использованием аппарата дифференциальной геометрии, численных методов, теории резания, теории формообразования, математических методов обработки экспериментальных данных. Разработанные теоретические положения и конструкторско-технологические решения опробованы на производстве. Достоверность и обоснованность результатов подтверждается корректностью разработанных методик, сходимостью теоретических результатов с результатами промышленной эксплуатации на винтообрабатывающем производстве.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- представлены теоретические положения и методика автоматизированной корректировки режимов обработки (скорости и подачи инструмента) на операциях многокоординатного фрезерования лопастей гребных винтов по критерию стабильности возникающего поля сил резания в процессе обработки и обеспечения требуемой стойкости фрез;

- предложена и практически отработана методика автоматизированного рационального распределения припусков заготовки и управления режимами резания на базе алгоритмов позиционирования конструкторской теоретической и измеряемой модели винта в среде программного обеспечения для контроля сложных форм;

- разработана и практически отработана методика создания конструкторской геометрической модели гребного винта, основанная на новом применении функции CAD «семейство деталей», допускающей параметризацию основных геометрических элементов.

Практическая ценность работы.

Результаты работы использованы при разработке процесса фрезерования и контроля геометрии поверхностей гребных винтов на многокоординатных станках ФГУП МП «Звездочка» и в учебном процессе

кафедры САПР филиала СПбГМТУ – «Севмашвтуз».

Апробация работы. Материалы диссертационной работы докладывались на:

- научно-технических конференциях «Ломоносовские чтения в Архангельской области», Северодвинск, 2002 – 2005 гг.

- второй международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения», Томск, 2004 г.

- на международной научно-технической конференции «Информационные технологии в науке, образовании и промышленности», Архангельск, 2005 г.

- научно-практической конференции «100 лет Российскому подводному флоту», Северодвинск, 2006 г.

Личное участие автора в работе. Основные результаты работы получены лично автором, включая постановку задач исследования и разработку методик.

Публикации Основные результаты работы опубликованы в 10 печатных работах.

Структура и объем работы Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованных источников, включающего 102 наименования. Работа изложена на 135 листах машинописного текста, содержит 97 рисунков, 9 таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, отражено современное состояние, направление исследования и приведена аннотация работы по главам.

В первом разделе дается анализ научно-технической литературы, посвященной подходам к проектированию технологии и изготовлению гребных винтов. Приведена классификация видов гребных винтов, позволяющая сделать вывод о многообразии геометрических форм, используемых материалов и требований к точности изготовления. Построена типовая функциональная поведенческая модель технологического процесса изготовления гребного винта и приведены данные по пооперационной трудоемкости для крупных гребных винтов на основе анализа процесса изготовления 7 разных проектов крупных гребных винтов. В разделе приведены наиболее типичные схемы механической обработки лопастей, даны показатели обрабатываемости, конструкции инструментов и схемы обрабатывающих центров для осуществления многокоординатного фрезерования лопастей винтов. На основании анализа сформулированы цель и задачи работы.

Во втором разделе дано обоснование многоуровневой конструкторско-технологической модели винта и описаны разработанные методики: создания конструкторской геометрической модели; автоматизированного рационального распределения припусков заготовки за счет оптимального «вписывания» конструкторской модели в оцифрованную измеряемую модель

заготовки; первичной разметки заготовки и создания полигональной измеряемой модели.

Под многоуровневой моделью, в соответствии с рисунком 1, следует понимать совокупность геометрических моделей, конструкторской теоретической и измеряемой, на определенных этапах обработки и контроля, которая позволяет оценить величину геометрических отклонений между ними и принимать решения по выбору параметров, моделированию и корректировке дальнейшей обработки.

Под конструкторской теоретической моделью гребного винта понимают геометрическую виртуальную модель гребного винта, воссозданную с теоретического чертежа на основе аппарата сплайн-геометрии с использованием САПР UG NX. На базе конструкторской модели разрабатываются ассоциативно-связанные с ней рабочие чертежи гребного винта, оснастки для его изготовления, управляющие программы для оборудования с ЧПУ, конечно-элементные модели для прочностных расчетов.

Для создания конструкторской модели выбран САПР Unigraphics. Длительный период эксплуатации системы на винтообрабатывающем производстве ФГУП МП «Звездочка» позволил отработать методику геометрического моделирования этих изделий. Методика создания геометрической модели гребных винтов основана на представлении винта в виде ассоциативной сборки. Модель позволяет редактировать параметры семейства цилиндрических сечений винта в электронной таблице Excel файла-шаблона этого семейства, который заранее разработан для серии винтов, геометрия сечений которых задается одинаковым количеством точек. Файл-шаблон семейства содержит следующие параметры: R - радиус сечения; H - шаг сечения; B - ширина сечения; B2 - абсцисса максимальной толщины сечения; X - абсцисса выхода сечения; Z - количество лопастей; Torgez - расстояние вдоль оси винта от оси лопасти до торца ступицы с нагнетательной стороны; N - расстояние вдоль оси винта от оси лопасти до начала собственной системы координат сечения; E1_025.....E1_05 - ординаты точек сечения с нагнетательной стороны; E2_025.....E2_05 - ординаты точек сечения с засасывающей стороны; R0 - дополнительное корневое сечение; R1, R2,.....RN - имена файлов (*.prt) семейства сечений.

Все параметры связаны с геометрией файла-шаблона, и следовательно с геометрией семейства сечений. Элементами этой геометрии являются: цилиндр с радиусом сечения R; эскиз развернутого плоского параметризованного сечения в плоскости касательной к цилиндру, повернутый на шаговый угол вокруг оси лопасти и смещенный на величину откидки вдоль оси винта; наведенные на цилиндр сплайны плоского сечения (диаметральные сечения).

В головной файл сборки модели винта добавляют только диаметральные сечения, что позволяет не загромождать его всеми элементами, присутствующими в файлах семейства.

Использование модуля Wave создания ассоциативных связей между файлами позволяет построить поверхности пера лопасти на базе сплайнов диаметральных сечений, сшить и связать их со ступицей. В последнюю очередь строится галтель.

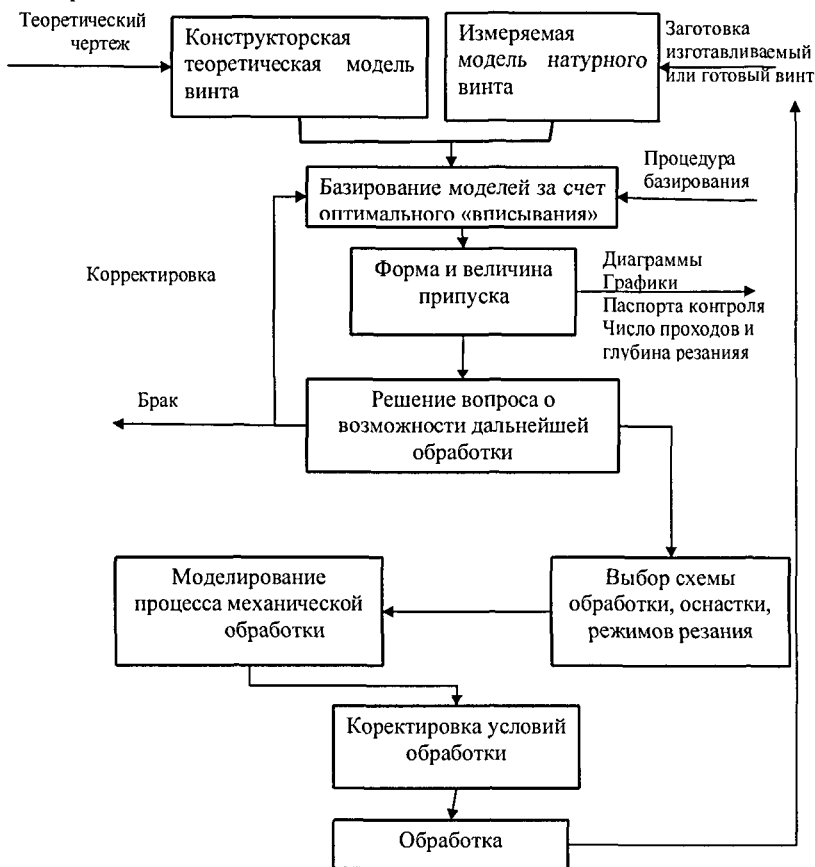


Рисунок 1 - Схема многоуровневой конструкторско-технологической модели винта

Совокупность физической модели и соответствующего ей «облака точек» и дополнительных CAD-элементов называют измеряемой моделью. Основные этапы ее создания показаны на рисунке 2.

При разработке методики создания измеряемой модели, оцифровка поверхностей производилась с использованием координатно-измерительной машины контактного съема информации CMS THORUS 6/9200.

Для того чтобы осуществить контроль, определить форму и величину припуска, предложена методика автоматизированного рационального распределения припусков заготовки за счет оптимального «вписывания»

конструкторской модели в оцифрованную измеряемую модель заготовки и первичной разметки заготовки, в соответствии с рисунком 3. Эта методика разработана на базе программного продукта Imageware.



Рисунок 2 – Этапы создания измеряемой модели

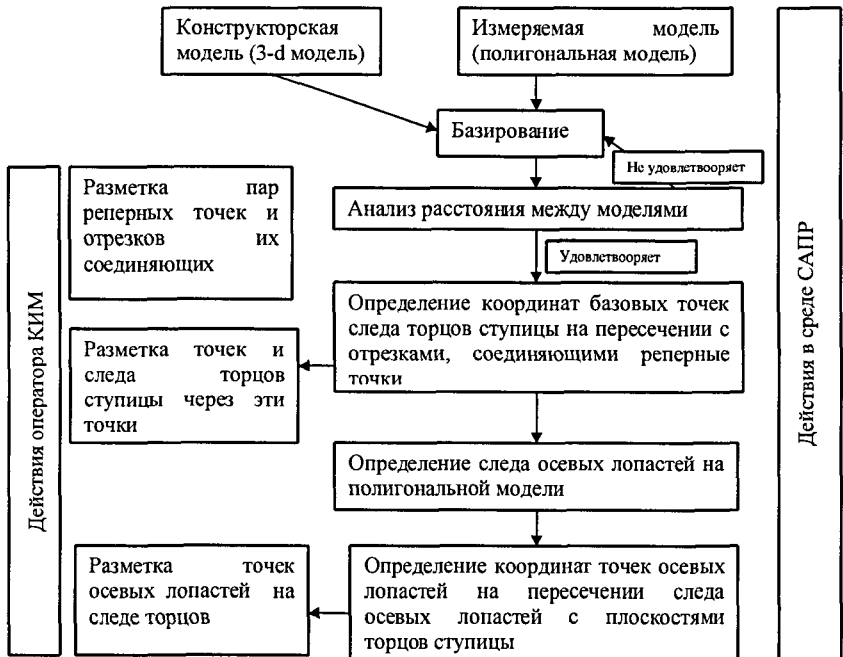


Рисунок 3 – Этапы оптимального распределения припусков и первичной разметки заготовки

Imageware - отдельное приложение, которое специализируется на создании цифровых моделей для автомобильных поверхностей класса А, восстановлении цифровых моделей по облаку точек, детальному анализу эстетических свойств поверхности. Программа предлагает большой набор алгоритмов оперирования точками облаков, используемых для создания поверхностей свободной формы, позиционирования CAD-модели и

измеряемой модели.

В третьем разделе приведена методика корректировки режимных параметров (подачи и скорости) при фрезеровании лопастей винтов, в зависимости от распределения снимаемого припуска вдоль траектории движения фрезы по критерию стабилизации сил резания и стойкости инструмента.

Мощность станка, а, следовательно, сила резания, является входным параметром при выборе рациональных режимов резания. Тогда, изменение глубины резания, характерное для фрезерования фасонных поверхностей с переменным припуском, должно сопровождаться изменением подачи по критерию постоянства сил резания (уменьшение глубины сочетается с ростом подачи, а увеличение глубины сочетается с уменьшением подачи). Иными словами речь идет о наиболее эффективном использовании машинного времени в процессе фрезерования. Для достижения этого результата разработана изложенная ниже методика.

Входным сигналом является величина глубины резания в кадре управляющей программы, значения которой получены на базе методик создания конструкторской и измеряемой моделей и автоматизированного распределения припусков. Тогда корректировка подачи в зависимости от глубины резания, позволяет сохранить постоянство силы резания на всей траектории фрезерования, что позволяет рационально подойти к использованию мощности станка и машинного времени, а корректировка скорости резания позволяет сохранить требуемую стойкость фрезы.

Средняя окружная сила резания P_z при торцовом фрезеровании:

$$P_z = 10 C_p s_z^{y_p} t^{x_p} B^n z K_{Mf} / D^q n^w, \quad (1)$$

где C_p , y_p , и x_p , K_{Mf} зависят главным образом от рода обрабатываемого материала и его механических свойств в соответствии с таблицей 1; B – ширина фрезерования, мм; t – глубина резания, мм; s_z – подача на зуб, мм/зуб; z – число зубьев фрезы; n – частота вращения фрезы, об/мин; D – диаметр фрезы, мм.

Таблица 1 - Коэффициенты и показатели степени в формулах стойкости и силы резания

Обрабатываемый материал	k_{Mf}	k_{Mp}	x_v	y_v	x_p	y_p
08X14НДЛ ОСТ5Р 9048-96	0,7	0,9	0,31	0,32	0,92	0,75
08X15Н4ДМЛ ОСТ5Р 9048-96	0,7	1	0,2	0,35	0,92	0,78
БрА9Ж4Н4 ТУ5.961-11215-82	0,85	0,75	0,17	0,1	0,9	0,75
25Л ГОСТ977-78	0,7	0,7	0,1	0,4	0,9	0,7

По критерию постоянства сил резания справедливо уравнение:

$$10 C_p s_z^{y_p} t^{x_p} B^n z K_{Mf} / D^q n^w = 10 C_p (s_z + ds_z)^{y_p} (t - dt)^{x_p} B^n z K_{Mf} / D^q n^w. \quad (2)$$

Выполнив преобразования, получим:

$$\left(\frac{t-dt}{t}\right)^{-Xp} = \left(\frac{s_z + ds_z}{s}\right)^{Yp} \quad (3)$$

Значение $\zeta = \frac{s_z + ds_z}{s_z}$ - относительная подача на зуб, а $\tau = \left(\frac{t-dt}{t}\right)$ относительная глубина резания. Тогда зависимость относительной подачи от относительной глубины резания принимает вид:

$$\zeta = \tau^{-Xp/Yp} \quad (4)$$

Используя график изменения глубины фрезерования определяется максимальное значение t_{max} зоны обработки, для которого находят минимальную подачу S_{zmin} используя рекомендации типового технологического процесса.

Тогда по формуле:

$$s_z = \zeta S_{zmin} \quad (5)$$

можно определить значение подачи на зуб в любом кадре УП в зависимости от относительной подачи на зуб.

Подставив формулу (4) в формулу (5) получаем значение s_z от относительной глубины резания:

$$s_z = \tau^{-Xp/Yp} S_{zmin} \quad (6)$$

На рисунке 4 показана зависимость подачи s_z от глубины резания t .

Для кривых $s_z(t)$ характерно гиперболическое возрастание подачи при уменьшении глубины фрезерования. В рекомендуемом диапазоне подачи на зуб от 0,8 до 0,15 мм кривые разных материалов имеют незначительные отличия. Однако при больших подачах наиболее чувствительными к изменению глубины является сталь 25Л и 08Х14НДЛ. Менее чувствительны бронза БрА9Ж4Н4 и сталь 08Х15Н4ДМЛ. Причиной этого является значение отношения степенных показателей Xp/Yp . Этот показатель составляет: для стали 08Х15Н4ДМЛ - 1,18; для бронзы БрА9Ж4Н4 - 1,2; для стали 08Х14НДЛ - 1,23; для стали 25Л - 1,28.

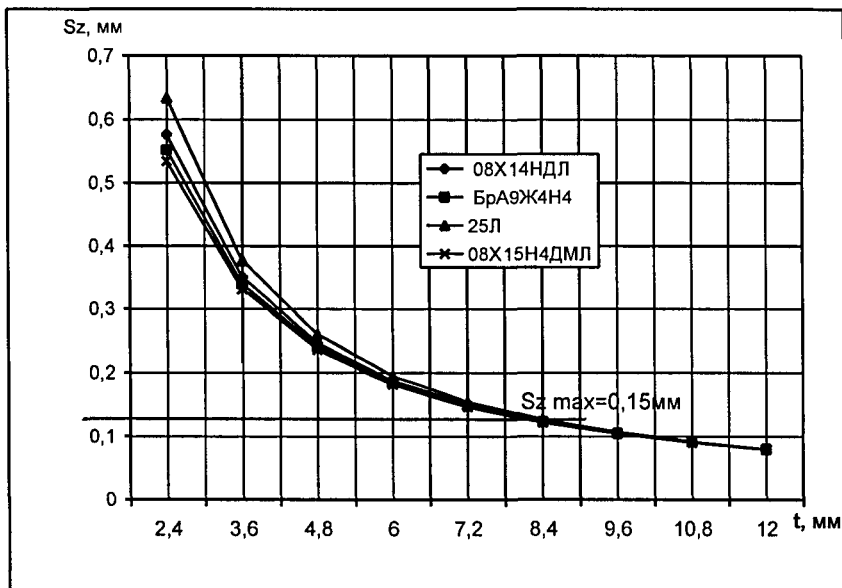


Рисунок 4 - Зависимость подачи на зуб s_z от глубины резания t

Известно, что наибольшее влияние на температуру резания θ оказывает скорость резания v , затем подача s и наименьшее – глубина резания t . В таком же порядке v , s и t влияют на период стойкости инструмента T :

$$T = C_4 / v^{m_1} s^p t^q, \quad (7)$$

где степенные показатели $m_1 > p > q$.

Тогда, при росте подачи, уменьшение глубины не будет компенсировать полностью рост температуры резания, а, следовательно, уменьшения периода стойкости инструмента. Поэтому для сохранения стойкости рост подачи должен сопровождаться уменьшением скорости резания. Определим аналитическую закономерность.

Максимальная скорость резания v_{max} , соответствующая максимальной глубине резания и минимальной подаче рассчитывается по формуле:

$$v_{max} = C_v D^q K_{Mv} / T^m t_{max}^{x_v} s_{zmin}^{y_v} B'' z^p, \quad (8)$$

где k_{Mv} , x_v , y_v - приведены в таблице 1.

С учетом изменения глубины и подачи вдоль траектории движения инструмента скорость резания определяется:

$$v = C_v D^q K_v / T^m (t_{max} \tau)^{x_v} (s_{zmin} \zeta)^{y_v} B'' z^p \quad (9)$$

или:

$$v = v_{max} U, \quad (10)$$

где U – относительная скорость резания.

Приравняв формулу (10) с формулой (9), предварительно подставив выражение (8) вместо v_{max} получим:

$$U = 1 / \tau^{X_v} \zeta^{Y_v}, \quad (11)$$

Тогда, с учетом (11), зависимость скорости от изменения глубины и подачи принимает вид:

$$v = v_{max} / \tau^{X_v} \zeta^{Y_v} \quad (12)$$

Подставив формулу (4) в формулу (12) получим функцию скорости от глубины резания при переменной подаче:

$$v = v_{max} \tau^{(Y_v X_p / (Y_p - X_v))} \quad (13)$$

На рисунке 5 показан график зависимости скорости резания v при переменной подаче в зависимости от глубины резания t , построенный по функции (13), для торцового фрезерования материалов, используемых для изготовления гребных винтов.

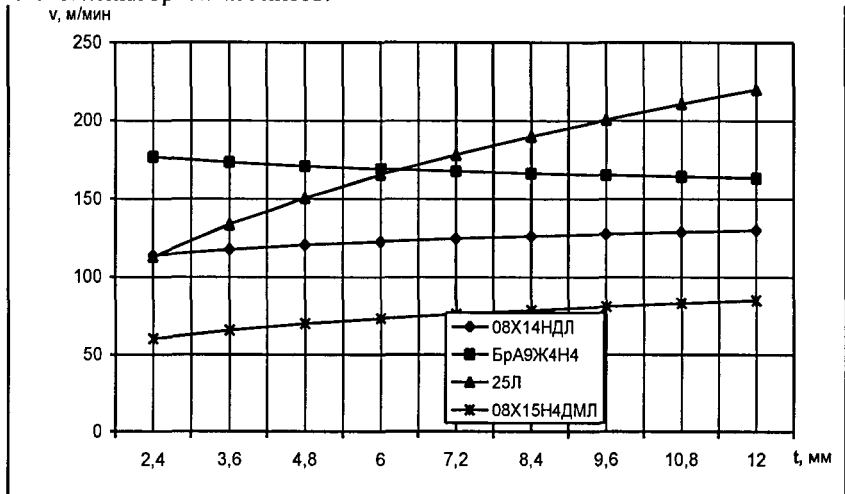


Рисунок 5 - Зависимость скорости резания v от глубины резания t

Кривые $v(t)$ для сталей 08X14НДЛ, 08X15Н4ДМЛ и 25Л демонстрируют

уменьшение скорости при уменьшении глубины, которое сопровождается ростом подачи. Наибольшее влияние на изменение скорости от изменения подачи и глубины оказывается для стали 25Л. Показатель степени в функции (13) $YvXp/Yp-Xv$ составляет: для 25Л – 0,414; для 08Х14НДЛ – 0,082; 08Х15Н4ДМЛ – 0,213. Для бронзы БрА9Ж4Н4 показатель степени имеет отрицательное значение -0,05. Поэтому для бронзы, кривая зависимости скорости от глубины показывает, что с уменьшением глубины скорость фрезерования, как и подача, возрастает.

В четвертом разделе приведена реализация разработанных методик для проекта №1 лопасти сборного гребного винта (диаметр - 5,6 м, материал - 08Х14НДЛ) и проекта №2 четырехлопастного цельнолитого гребного винта (диаметр – 2,06 м, материал БрА9Ж4Н4). Приведены этапы и результаты создания конструкторских геометрических моделей, полигональных моделей заготовок с выполнением этапа «вписываемости» конструкторской модели и оформлением паспорта контроля геометрии заготовки. Также показаны результаты расчета корректировки подачи и скорости инструмента при изменении глубины срезаемого слоя для этих же проектов.

Основным содержанием паспорта контроля заготовки является цветная диаграмма распределения припусков, и значения координат для разметки следа осевых лопастей и плоскостей торцов, являющихся базами.

Результат расчета величин подачи и скорости для проекта №1 (фреза $D=250$ мм, $z=16$) представлены на графиках, в соответствии с рисунками 6, 7, для одной из радиальных строк черногового прохода по нагнетательной стороне, в соответствии с рисунком 8.

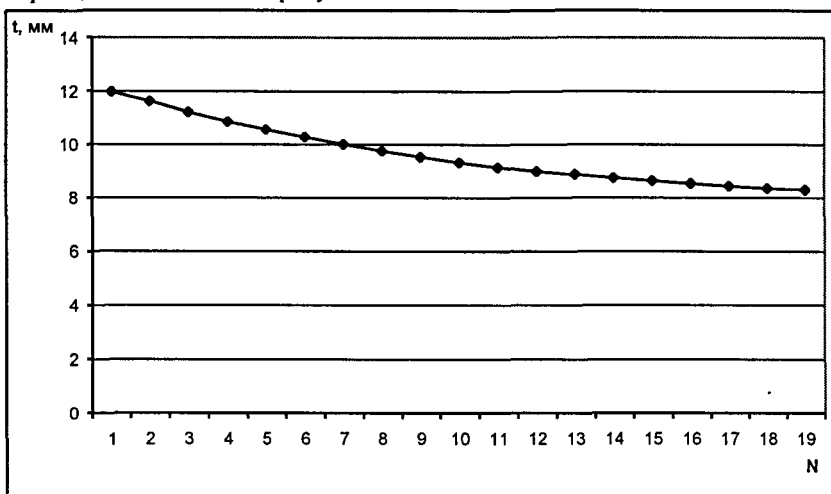


Рисунок 6 – Изменение глубины резания вдоль строки обработки (проект 1)

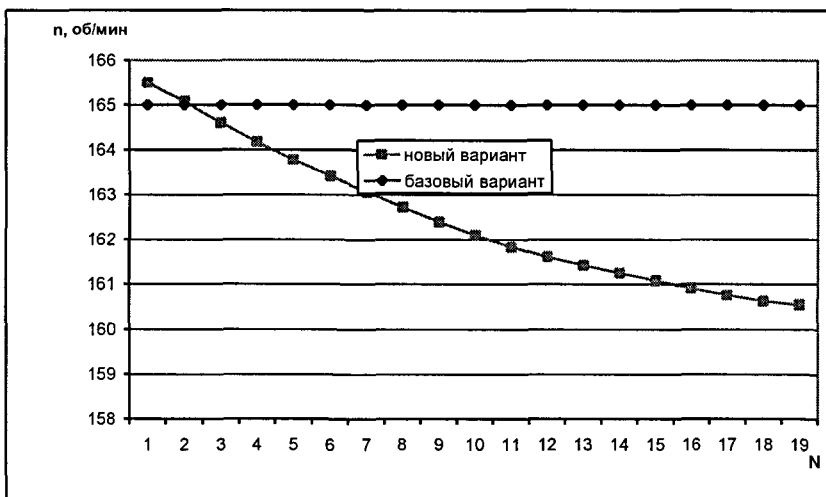
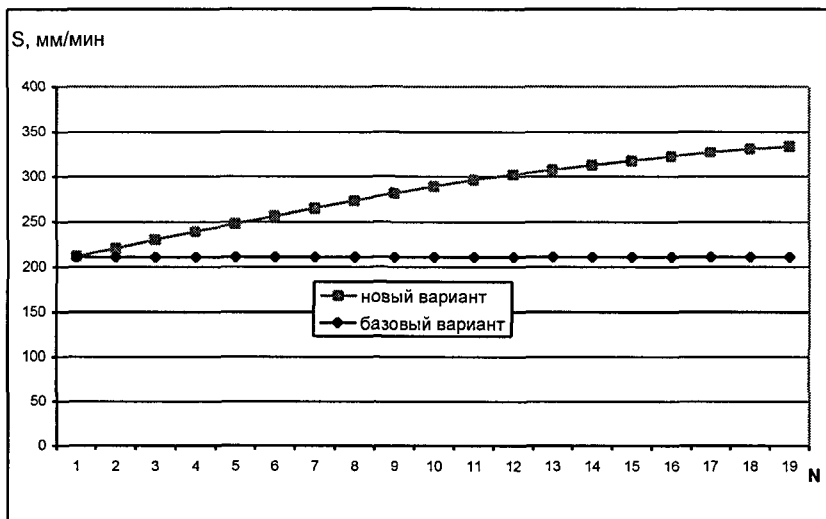


Рисунок 7 – Изменение S и n фрезы вдоль строки обработки (проект 1)

График изменения глубины резания на рисунке 6 демонстрирует уменьшение значения глубины вдоль строки. Увеличение подачи и снижение скорости на графике, в соответствии с рисунком 7, для той же самой строки, сохраняют устойчивость заданной силы резания и стойкости инструмента соответственно.

Зона черновой обработки в данном примере ограничена максимальной глубиной резания.

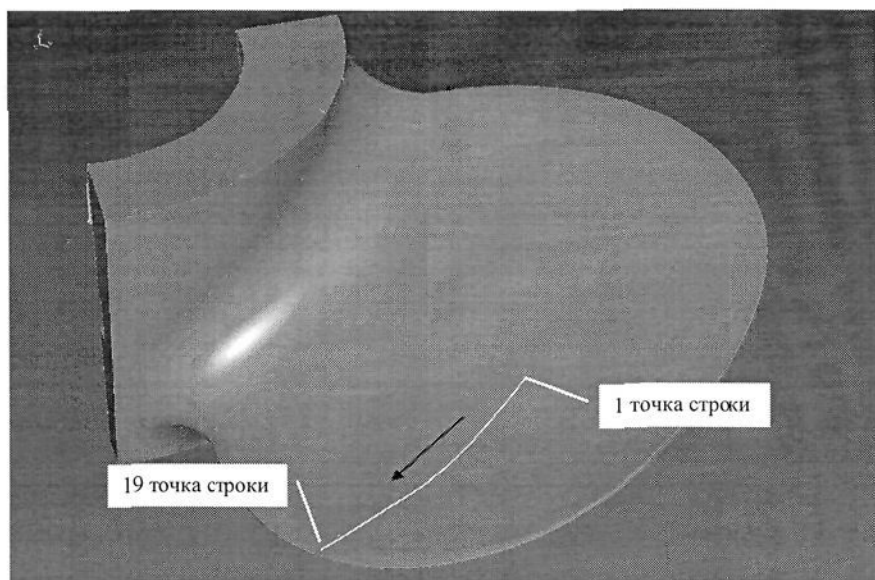


Рисунок 8 – Траектория строки обработки (проект 1)

Результаты расчета величин подачи и скорости для проекта №2 (фреза $D=150$ мм, $z=8$) представлены графиками для 19 строк УП обработки нагнетательной стороны одной из четырех лопастей. На рисунке 9 показан график изменения значения глубины, а на рисунке 10 значения подачи и скорости.

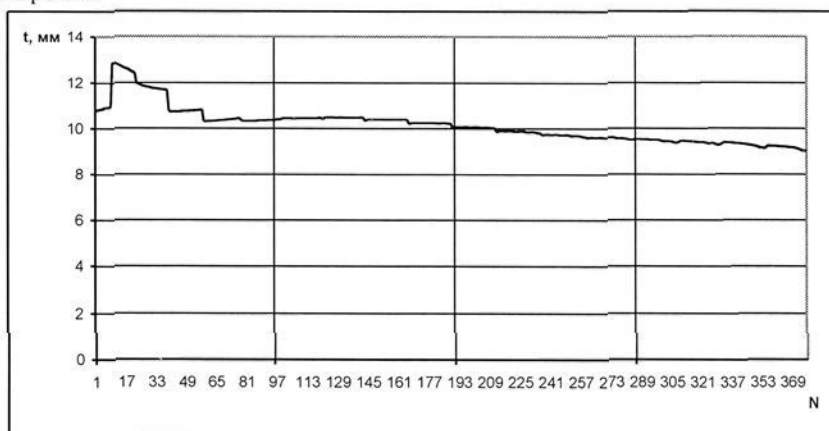


Рисунок 9 – Изменение глубины резания вдоль строк обработки (проект 2)

График изменения глубины резания, в соответствии с рисунком 9, демонстрирует уменьшение глубины при уменьшении радиуса строки обработки нагнетательной поверхности, в соответствии с рисунком 11.

Увеличение подачи и незначительное увеличение скорости на графике, в соответствии с рисунком 10, сохраняют устойчивость заданной силы резания и стойкости инструмента соответственно.

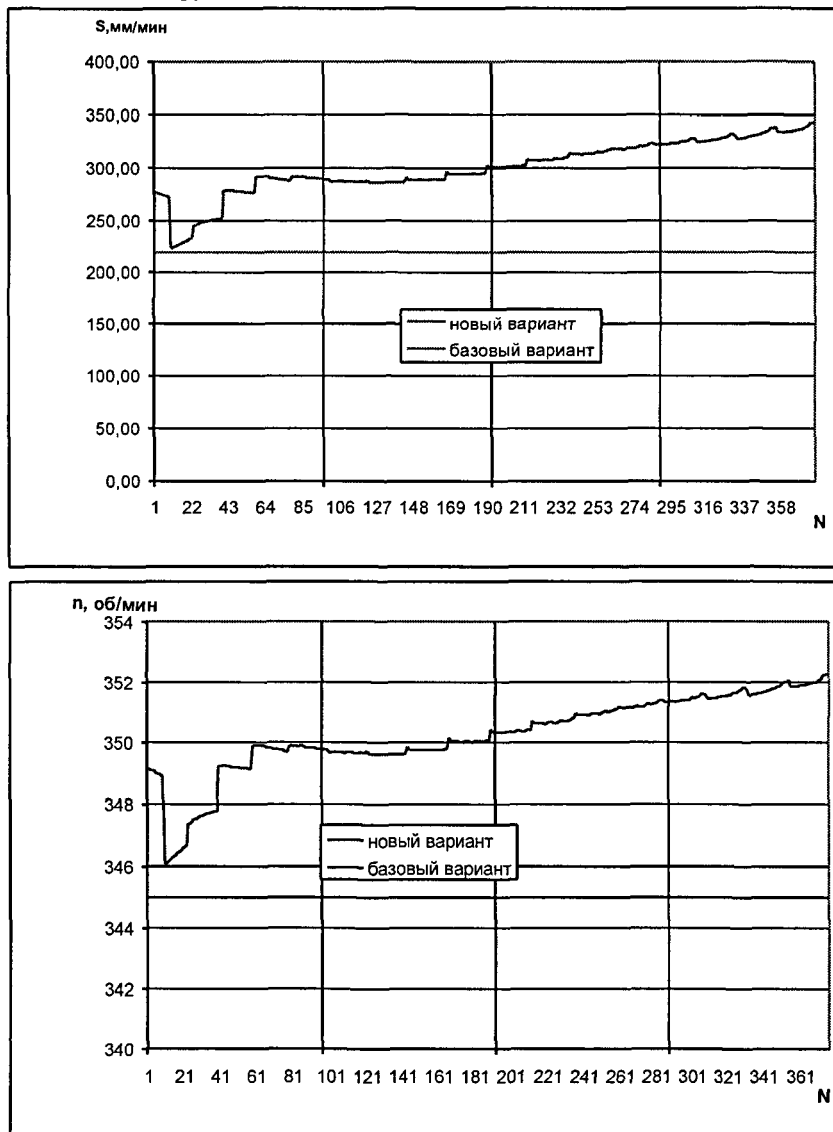


Рисунок 10 - Изменение S и n фрезы вдоль строк обработки (проект 2)

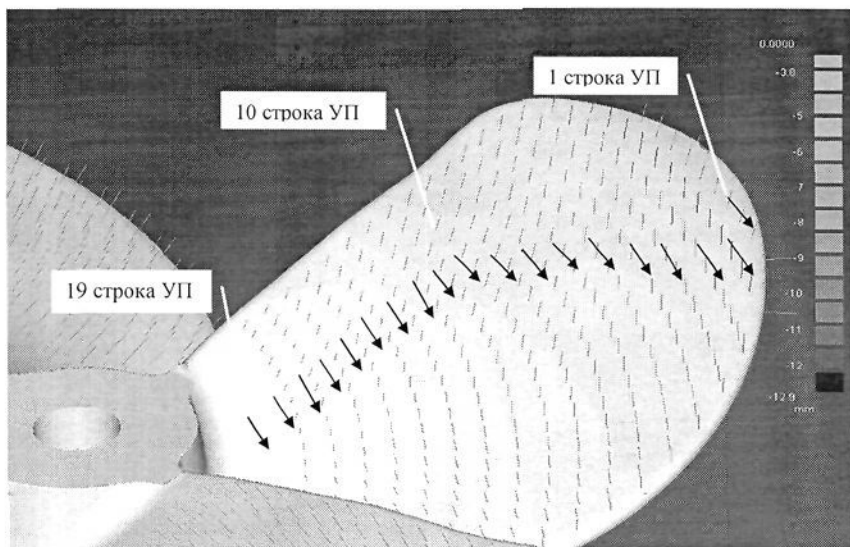


Рисунок 11 - Траектория строк обработки (проект 2)

В пятом разделе выполнен расчет сравнительной экономической эффективности автоматизированного управления режимами резания в зависимости от глубины резания.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Разработана и теоретически обоснована методика корректировки подачи и скорости фрезерования в зависимости от глубины резания по критерию стабильности сил резания и сохранения заданной стойкости инструмента, которая обеспечила повышение производительности фрезерования на 65% за счет роста объема снятого металла в единицу времени. Показатель сравнительной экономической эффективности составил 0,95, что соответствует сроку окупаемости 1,05 лет.

2. Создана и представлена функциональная модель технологического процесса обработки гребного винта, позволяющая наглядно показать ключевую роль сочетания операций обработки и контроля на станке с ЧПУ с позиций повышения эффективности обработки, точности геометрии и снижения трудоемкости изготовления гребных винтов.

3. Создана методика автоматизированного рационального распределения припусков заготовки и определения глубины резания за счет оптимального «вписывания» конструкторской модели в оцифрованную измеряемую модель заготовки, в результате чего удалось исключить субъективный фактор операции первичной разметки заготовки гребного винта и повысить точность изготовления на 1,5 % от местной толщины сечения лопасти.

4. Разработана методика создания конструкторской теоретической модели винта, позволяющая существенно поднять эффективность

использования САПР при имитации технологического процесса, выпуске УП и рабочей конструкторско-технологической документации за счет сокращения времени на 40-50%.

5. Результаты экспериментальных данных, полученных в производственных условиях, по использованию перечисленных методик для двух проектов (лопасти сборного гребного винта и четырехлопастного цельнолитого гребного винта), подтверждают работоспособность предложенных подходов на практике.

6. Бесконтактное считывающее устройство позволяет оцифровать криволинейную поверхность более плотным облаком точек, что весьма важно для создания точной измеряемой модели.

7. Основные результаты работы используются на винтообрабатывающем производстве ФГУП "МП "Звездочка": при разработке трехмерных моделей гребных винтов с использованием САПР UG, при формировании управляющих программ фрезерной обработки, при проведении контрольных операций всех видов и выпуска электронных паспортов.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Кремлева Л.В., Рохин О.В. Анализ формообразующей системы станка при многокоординатном фрезеровании лопастей гребных винтов // Проблемы корабельного машиностроения: Сборник докладов научн.-практ. конф. Выпуск 1.- Северодвинск: РИО Севмашвтуза, 2002. - С.40-46.
2. Рохин О.В. Кремлева Л.В. Экспериментально-аналитический метод оценки точности геометрии гребных винтов при их изготовлении // Проблемы корабельного машиностроения Сборник докладов научн.-практ. конф. Выпуск 2.- Северодвинск: РИО Севмашвтуза, 2003. - С.8-12.
3. Рохин О.В., Кремлева Л.В. Повышение эффективности механической обработки гребных винтов методами сквозного конструкторско-технологического проектирования // Проблемы корабельного машиностроения Сборник докладов научн.-практ. конф. Выпуск 3.- Северодвинск: РИО Севмашвтуза, 2004. - С.59-62.
4. Кремлева Л.В., Рохин О.В. Автоматизация контрольно-измерительных операций при изготовлении гребных винтов // Современные проблемы машиностроения. Труды II Международного научно-технической конф. - Томск: Изд-во ТПУ, 2004.- С.296-299.
5. Денисов В.А., Рохин О.В., Кремлева Л.В. Методика создания электронной конструкторской модели гребных винтов средствами CAD UNIDRAPHICS // Современные проблемы машиностроения. Труды II Международного научно-технической конф. - Томск: Изд-во ТПУ, 2004. С.309-314.
6. Рохин О.В. Разработка и реализация конструкторско-технологической многоуровневой модели гребного винта// Проблемы корабельного машиностроения: Сборник докладов научн.-практ. конф. Выпуск 4.- Северодвинск: РИО Севмашвтуза, 2005. - С.59-63.
7. Кремлева Л.В., Рохин О.В. Методика автоматизации контрольно-измерительных операций при изготовлении гребных винтов// Информационные технологии в науке, образовании и промышленности:

- материалы международной научно-технической конф. – Архангельск: АГТУ, 2005. – С. 137-140.
8. Кремлева Л.В., Рохин О.В., Денисов В.А. Электронная конструкторская модель гребного винта // Информационные технологии в науке, образовании и промышленности: материалы международной научно-технической конф. – Архангельск: АГТУ, 2005. – С. 141-145.
 9. Рохин О.В., Кремлева Л.В. Информационная конструкторско-технологическая модель гребного винта// «100 лет Российскому подводному флоту»: тез.докл. науч.-прак.конф. – Северодвинск, ФГУП «МП «СЕВМАШ», 2006. -С31-32.
 10. Рохин О.В. Фрезерование поверхностей крупногабаритных фасонных заготовок гребных винтов на основе автоматизированного управления режимами резания // Технология машиностроения. – 2007. - №3 - С.25-28.

Рохин Олег Викторович (Россия)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ФАСОННЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РЕЗАНИЯ (НА
ПРИМЕРЕ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ)

Диссертация посвящена разработке методики автоматизированной корректировки подачи и скорости в зависимости от глубины резания при торцовом фрезеровании сложных поверхностей крупногабаритных фасонных деталей с неравномерным припуском, с целью повышения эффективности за счет увеличения объема снятого металла в единицу времени. Проведен анализ механической обработки гребного винта, как типового представителя семейства крупногабаритных фасонных деталей. Разработана методика автоматизированного распределения припусков фасонной заготовки. Приведены данные экспериментальных исследований в производственных условиях, доказывающих эффективность предложенных методик.

Результаты исследования внедрены в технологический процесс изготовления гребных винтов.

Oleg Viktorovich Rokhin (Russia)

INCREASE OF MILLING EFFICIENCY OF LARGE SHAPED PARTS ON
THE BASIS OF AUTOMATED CUTTING CONTROL (BY THE EXAMPLE OF
MARINE PROPELLERS)

The thesis is devoted to the development of the automated cutting adjustment depending on a cutting depth during frontal milling of large shaped parts with irregular allowances with the object of increase efficiency at the expense of the volume rise of cut metal in a unit time. The analysis of machining was carried out as typical representative of large shaped parts. The method of automated allowance distribution of shaped blank was developed. The obtained data of experimental researches in work conditions show efficiency were represent.

The results of this research were inculcated in technological process of propeller production.