

**Разработка и исследование модели расчета углов профиля зубьев
резьбовых фрез с винтовыми стружечными канавками**

03, март 2014

DOI: 10.7463/0314.0702743

Мальков О. В.

УДК 621.9

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

olma70@mail.ru**Введение**

В настоящее время процесс фрезерования резьбы увеличивает свою долю в общем объеме процессов резьбообработки, что связано с широким применением станков с ЧПУ (особенно в условиях серийного производства), универсальностью и гибкостью процесса, а также повышением его надежности.

Более высокая плавность процесса резьбофрезерования без ударов и вибраций может быть достигнута в результате применения резьбовых гребенчатых фрез со спиральными канавками и при наличии переднего угла $\gamma \neq 0$. Но при этих условиях профиль резьбовой гребенчатой фрезы в осевом сечении отличается от профиля нарезаемой резьбы и, кроме того, является несимметричным, что ставит задачу профилирования зуба инструмента [1,2]. Эта проблема, как для резьбовых гребенчатых фрез, так и для метчиков, имеет отражение в ряде источников. В частности, авторы [3...8], исходя из условия наличия углов $\gamma \neq 0$, $\alpha \neq 0$ и $\omega \neq 0$ (или $\omega = 0$), выводят зависимости углов профиля зуба резьбообразующей части инструментов. Но во всех случаях задача решена для некоторого заданного переднего угла, т.е. передняя поверхность представлена в виде плоскости, что не характерно для винтовой стружечной канавки. Такое допущение может быть справедливо при малых передних углах. В случае использования в конструкции инструмента винтовой стружечной канавки с углом наклона более 10° , при принятых значениях переднего и заднего углов необходимо более точное решение задачи профилирования с учетом достижения требуемой точности нарезаемой резьбы.

Проведенный обзор производственных программ производителей гребенчатых концевых резьбовых фрез (*Advent Tool and Manufacturing, Carmex, Emuge, Guhring, Iscar, JBO, Jel, Mimatic,*

Reime-Norris, Vargus) показал, что большая часть фрез выпускается с винтовыми стружечными канавками с углом наклона ω в диапазоне $10^\circ \dots 30^\circ$. При этом практически не выпускаются резьбовые фрезы, изготовленные из быстрорежущей стали. В России существует ГОСТ1336-77, который регламентирует параметры резьбовых фрез с прямыми стружечными канавками, изготовленных из быстрорежущей стали. Поэтому работа, направленная на определение углов профиля резьбовых фрез с винтовыми стружечными канавками, является актуальной.

Целью работы является создание и исследование геометрической модели определения углов профиля зубьев резьбовых фрез с винтовыми стружечными канавками. Научной новизной и практической ценностью работы является разработанная геометрическая модель определения углов профиля зубьев резьбовой фрезы с винтовыми стружечными канавками, позволяющая обеспечить изготовление резьбы принятой степени точности.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ РАСЧЕТА УГЛОВ ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ РЕЗЬБОВЫХ ФРЕЗ С ВИНТОВЫМИ СТРУЖЕЧНЫМИ КАНАВКАМИ

Разработка геометрической модели определения углов профиля зубьев резьбовых фрез с винтовыми стружечными канавками производилась в программном комплексе *CATIA V5 R17*.

Внешний вид геометрической модели представлен на рисунке 1 а,б. На рисунке приняты следующие обозначения: 1 – рабочая часть резбифрезы (цилиндр принятого диаметра), 2 – винтовая стружечная канавка, 3 – передняя поверхность, 4 – режущие кромки, 5 – задняя поверхность, 6 – вершина зуба, 7 – поверхность резания, 8 – профиль получаемой резьбы.

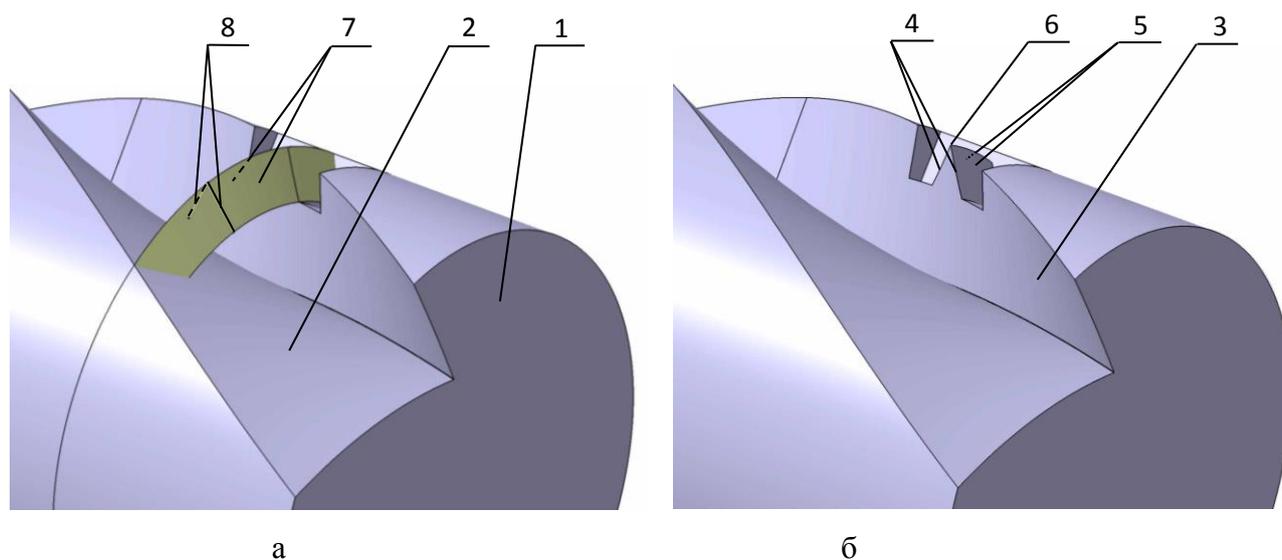


Рис. 1. Внешний вид геометрической модели определения углов профиля зуба резьбовой фрезы с винтовыми канавками.

Представим основные допущения и положения используемой модели.

1) Профиль зуба фрезы принят теоретически острым.

2) Для выполнения затылования спираль в САТИА задавалась начальным радиусом, конечным радиусом и количеством оборотов относительно начальной точки. Для этого был произведен расчет параметров спирали. В общем случае формула спирали в полярной системе координат (ось ρ на рисунке 2) описывается формулой

$$R_i = R - A \cdot \varphi, \quad (1)$$

где R_i – текущий радиус спирали, мм, $R = d/2$, A – параметр спирали, φ – текущий угол спирали, рад.

Учитывая, что $\varphi = 2\pi$ соответствует $R_i = R - k \cdot z$, после подстановки имеем $A = \frac{k \cdot z}{2\pi}$.

Учитывая, что $\operatorname{tg}\alpha = \frac{k \cdot z}{\pi \cdot d}$ получаем

$$R_i = \frac{d}{2} - \frac{k \cdot z}{2\pi} \cdot \varphi = \frac{d}{2} - \frac{\pi d \cdot \operatorname{tg}\alpha}{2\pi} \cdot \varphi = \frac{d}{2} (1 - \varphi \cdot \operatorname{tg}\alpha), \quad (2)$$

где k – параметр затылования, мм, α – задний угол, град.

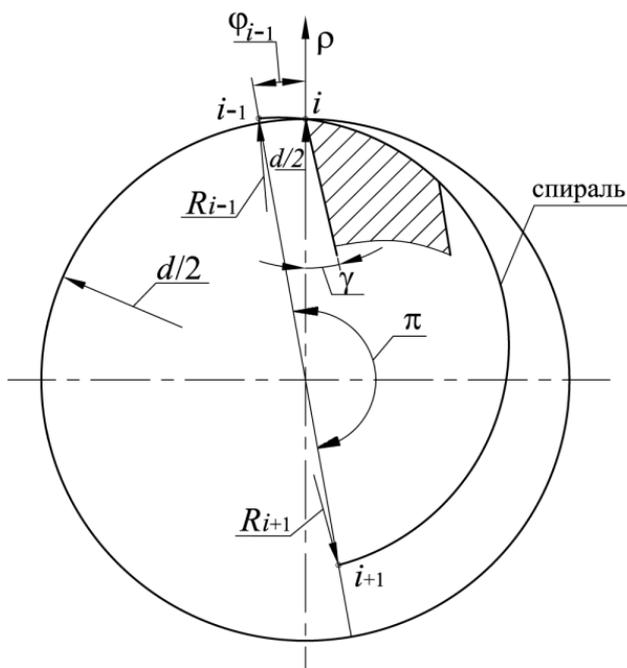


Рис. 2. Расчетная схема параметров спирали.

Поскольку в качестве исходного параметра использовался задний угол, текущее значение радиуса спирали в (2) выразили через задний угол.

Поскольку передняя поверхность является винтовой, то при моделировании зуба, начиная с вершины (точка i на рисунке 2), в модели появляется недорез одной из сторон. В связи с этим начало спирали вынесено за пределы вершины в сторону канавки (на угол $\varphi_{i-1} = 10^\circ$, точка $i-1$ на рисунке 2). Конечная точка $i+1$ задавалась через половину оборота (соответствует углу поворота π). Таким образом, начальный и конечный радиусы спирали, задаваемые в программе, выражаются следующим образом:

$$R_{i-1} = \frac{d}{2}(1 + \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha) = \frac{d}{2} \left(1 + \frac{\pi}{18} \cdot \operatorname{tg} \alpha \right), \text{ для } \varphi_{i-1} = -10^\circ = -\pi/18,$$

$$R_{i+1} = \frac{d}{2}(1 - \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha) = \frac{d}{2} \left(1 - \frac{17\pi}{18} \cdot \operatorname{tg} \alpha \right), \text{ для } \varphi_{i+1} = 170^\circ = 17\pi/18.$$

При этом построенная таким образом спираль проходит через вершину зуба (при $\varphi = 0^\circ$, $R_i = d/2$).

3) Передняя поверхность задается перемещением по винтовой линии прямой, проведенной из вершины зуба под углом γ_N в нормальной секущей плоскости к винтовой линии (рисунок 3).

4) Поскольку в качестве контрольного расчетного параметра был принят передний угол в торцевом сечении резбовой фрезы $\gamma_{\text{тц}}$, перед получением значений углов профиля зуба инструмента подбиралось значение нормального переднего угла γ_N (рисунок 3,б) соответствующее принятому значению угла $\gamma_{\text{тц}}$ (рисунок 4).

5) Задняя поверхность зуба фрезы задается последовательными положениями профиля зуба (рисунок 5) с принятыми значениями параметров (P , β_1 , β_2) вдоль затыловочной спирали, проходящей через вершину зуба.

6) Диаметр сердцевины в модели для расчета твердосплавных фрез принят по рекомендации *Sandvik* и составляет $d_c = 0,5 \cdot d$, где d – наружный диаметр фрезы, а для быстрорежущих фрез принимался согласно ГОСТ 1336-77.

7) Параметры модели (рисунок 3,а).

Исходные: наружный диаметр инструмента – d , шаг резьбы – P , угол наклона винтовой стружечной канавки – ω , передний угол в нормальном сечении – γ_N , задний угол – α .

Контрольные: углы профиля зуба инструмента – β_1, β_2 , высота сторон профиля зуба инструмента – h_1, h_2 (рисунок 6), передний угол в торцевом сечении $\gamma_{тц}$ (рисунок 4).

При расчете углов профиля зуба резбовых фрез по ГОСТ 1336-77 значение заднего угла не варьировалось, а принималось в соответствии со значениями наружного диаметра, числа зубьев и принятого параметра затылования.

8) Параметр угла наклона винтовой стружечной канавки ω в модели устанавливался посредством задания шага H винтовой линии (направление винтовой канавки) по формуле:

$$H = \frac{\pi d}{\text{tg}\omega}.$$

9) Параметры углов профиля зуба фрезы β_1, β_2 пронумерованы слева направо (рисунок 5) при направлении взгляда со стороны передней поверхности зуба (поз. 3 рисунка 1,б). Аналогично пронумерованы высоты левой и правой сторон профиля зуба (h_1, h_2), которые на рисунке 5 не показаны, поскольку однозначно определяются шагом и углом соответствующей стороны профиля.

10) В модели имитировалось нарезание кольцевой резьбы без подачи на шаг. На рисунке 6 а,б показаны: поверхность резания, образуемая режущими кромками зуба инструмента при их вращательном движении вокруг оси инструмента без движения подачи; контролируемый профиль получаемой резьбы в секущей плоскости, проходящей через ось инструмента. При принятых параметрах инструмента углы профиля зуба β_1 и β_2 (рисунок 5) изменялись до тех пор, пока контрольные значения углов профиля формируемой резьбы не принимали значения $30,00^\circ$. При этом высоты сторон профиля получаемой резьбы соответствуют расчетным значениям высоты теоретически заостренной резьбы.

11) Значения углов профиля зубьев β_1 и β_2 фиксировались с точностью до второго знака после запятой в градусах, что соответствует значениям углов с точностью до $0,6'$. С учетом точности на угол профиля зуба инструмента, принятого в ГОСТ 1336-77 на практике достаточно получение угла в градусах с точностью до первого знака после запятой.

12) Передний угол в нормальном сечении γ_N изменялся с точностью до третьего знака, что соответствовало получению значения переднего угла в торцевом сечении $\gamma_{тц}$ с точностью до третьего знака (например, при принятых исходных значениях параметров углу $\gamma_N=11,603^\circ$ соответствует $\gamma_{тц}=12,000^\circ$ (рисунки 3, 4)).

Расчетные значения углов профиля зубьев резбовой фрезы β_1 и β_2 получены для инструментов из твердого сплава (рисунки 7...12) и быстрорежущей стали (рисунки 13...17) и представлены на рисунках 7...17.

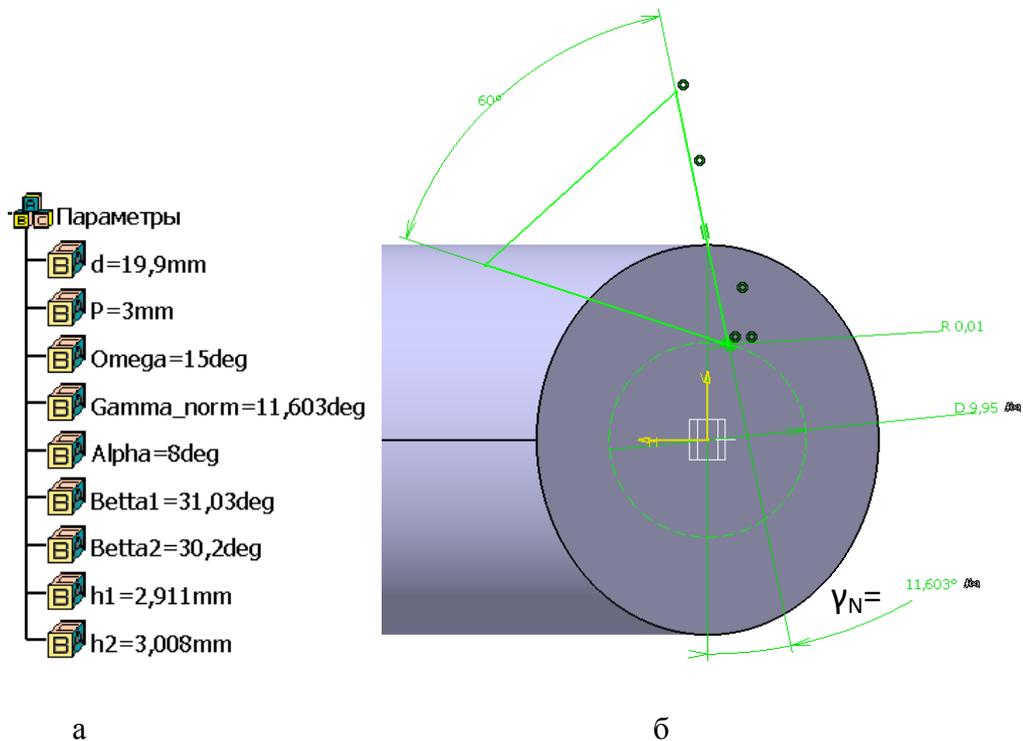


Рис. 3. Параметры модели (а) и задание профиля винтовой стружечной канавки в нормальном сечении к винтовой линии (б).

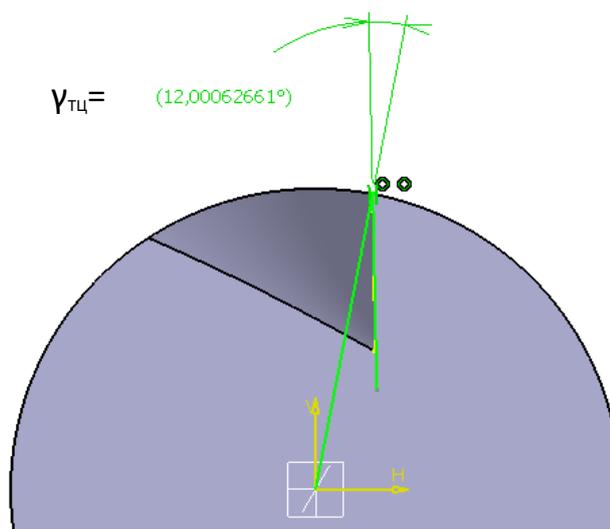


Рис. 4. Контрольное значение торцевого переднего угла $\gamma_{тц}$.

При построении графиков зависимостей для резбовых фрез, изготовленных из твердого сплава, исходные параметры выбирались в соответствии с ориентиром на параметры применяемые производителями, в случае с резбовыми фрезами из быстрорежущей стали – в соответствии с ГОСТ 1336-77.

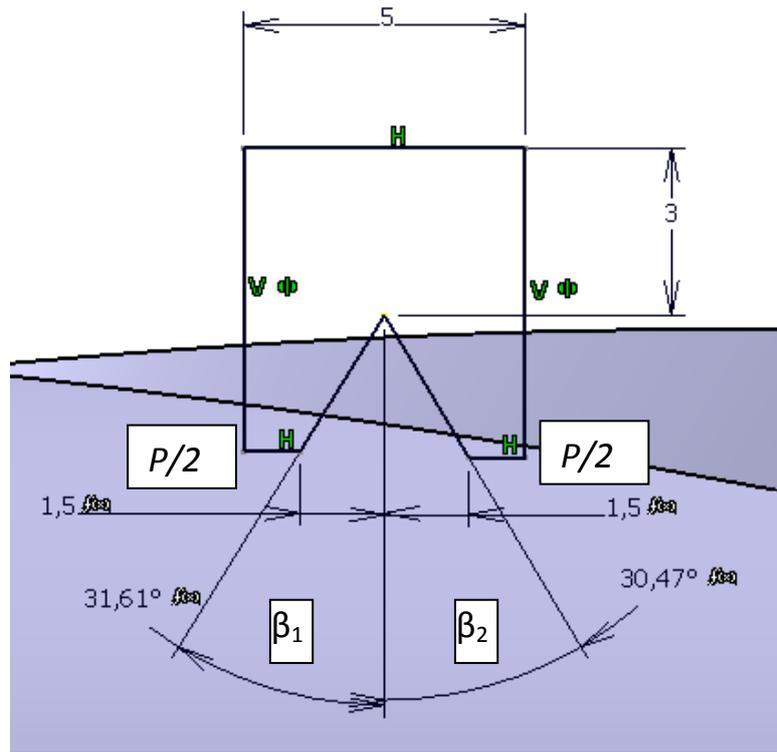


Рис. 5. Задаваемый профиль зуба инструмента.

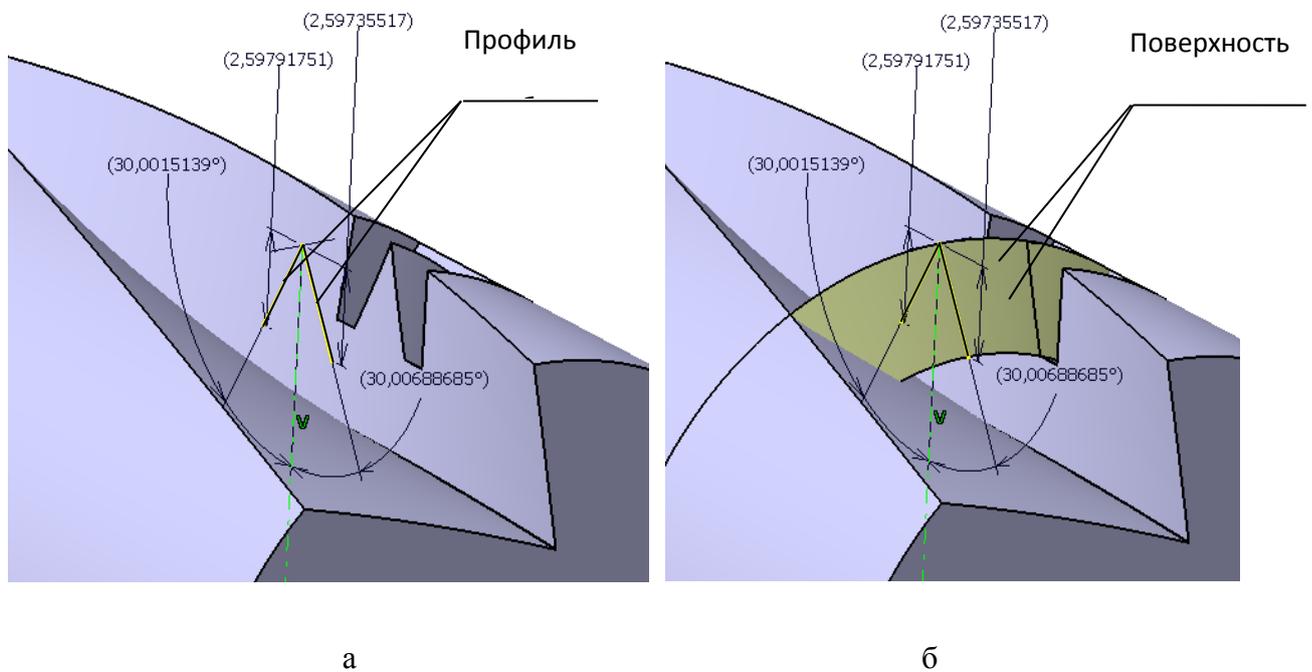
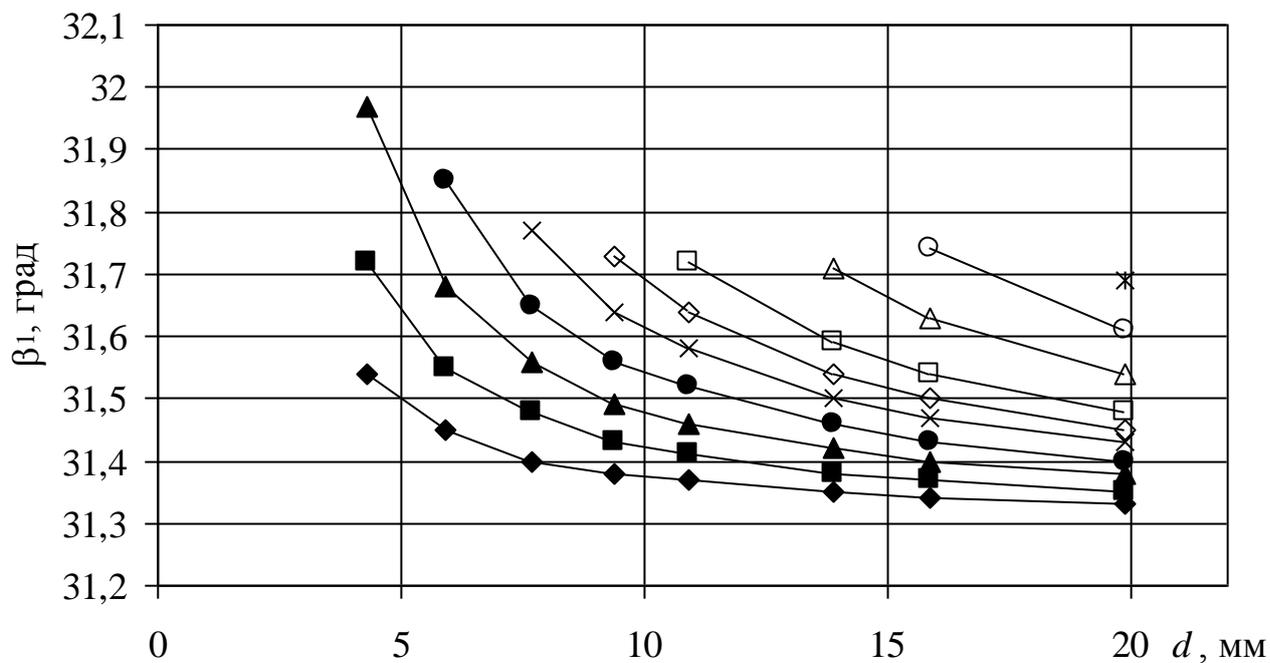
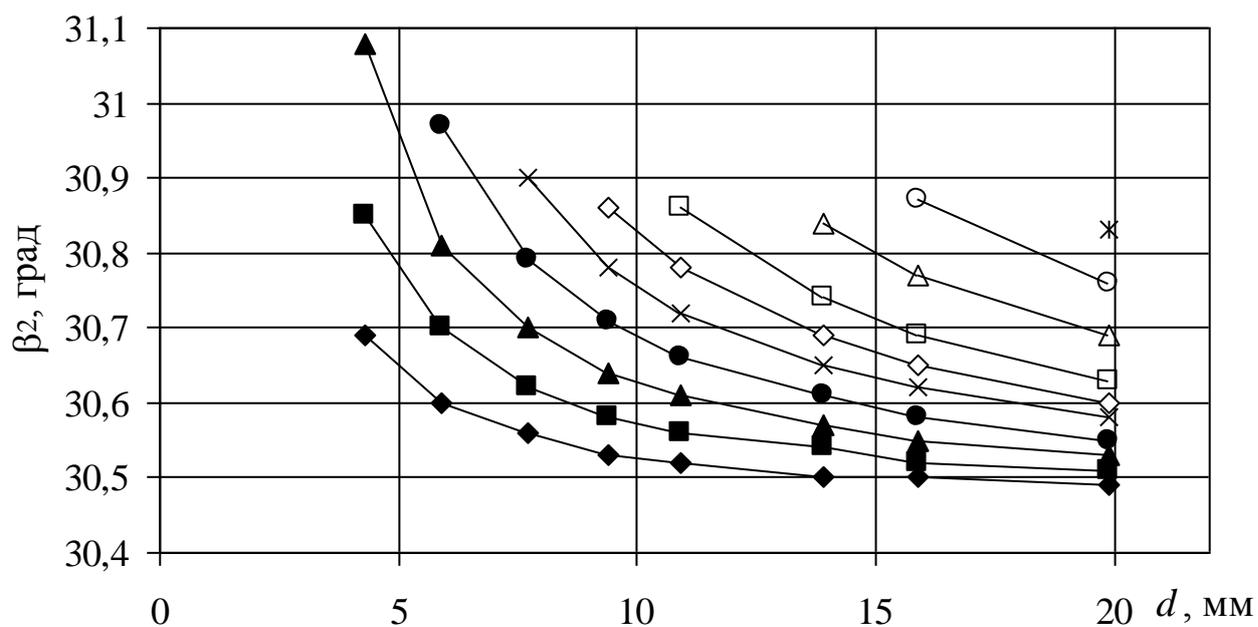


Рис. 6. Контролирование параметров профиля получаемой резьбы.



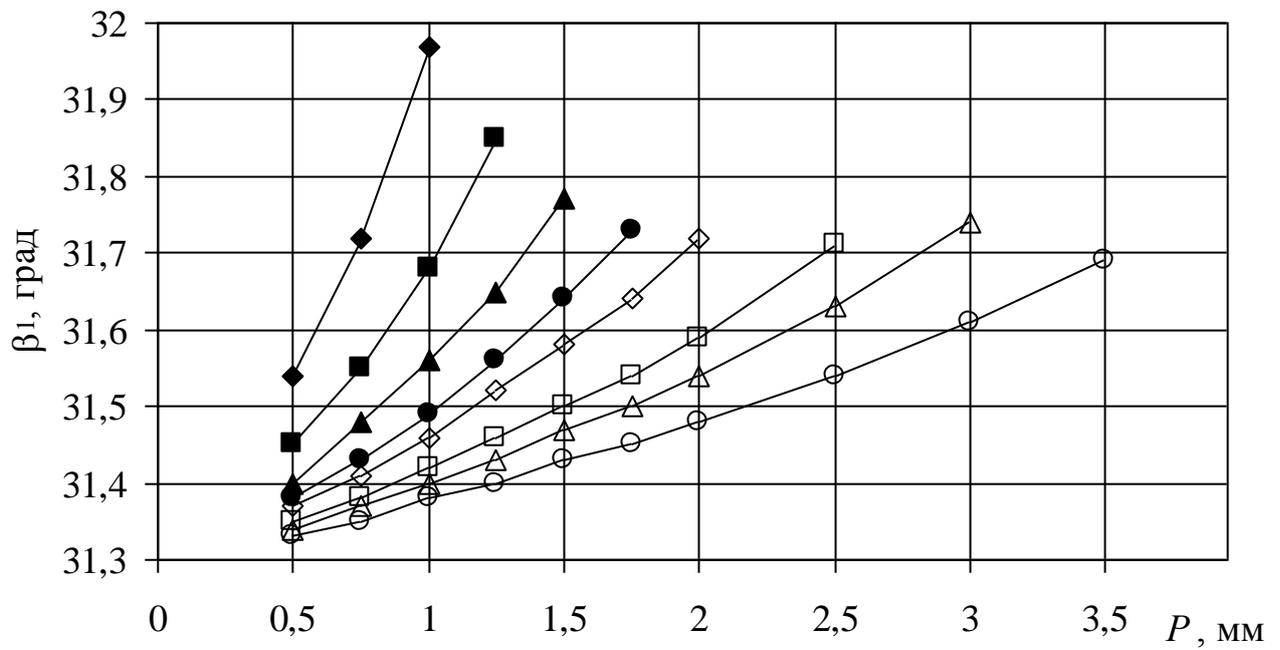
а



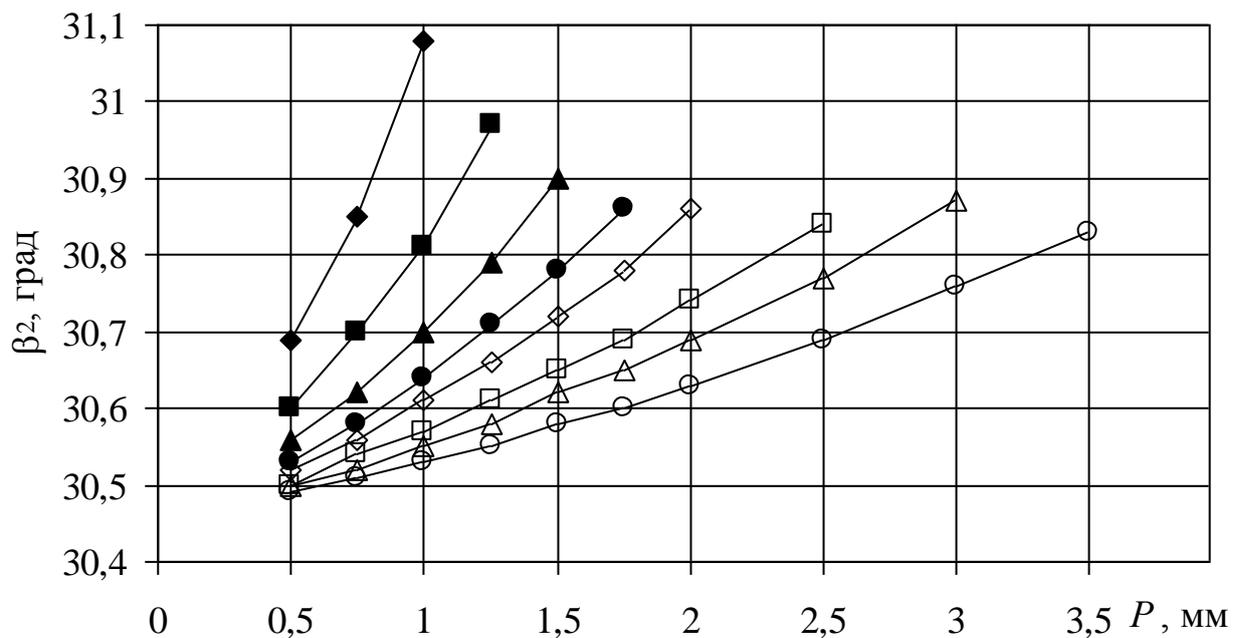
б

Рис. 7. Зависимости углов профиля зуба β_1 (а) и β_2 (б) от наружного диаметра резьбообразующей части инструмента ($\gamma_{\text{ти}} = 12^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $\omega = 10^\circ$):

- | | | | |
|--------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| —◆— $P = 0,5 \text{ мм}$ | —■— $P = 0,75 \text{ мм}$ | —▲— $P = 1 \text{ мм}$ | —●— $P = 1,25 \text{ мм}$ |
| —×— $P = 1,5 \text{ мм}$ | —◇— $P = 1,75 \text{ мм}$ | —□— $P = 2 \text{ мм}$ | —△— $P = 2,5 \text{ мм}$ |
| —○— $P = 3 \text{ мм}$ | —*— $P = 3,5 \text{ мм}$ | | |



а



б

Рис. 8. Зависимости углов профиля зуба β_1 (а) и β_2 (б) от шага резьбы ($\gamma_{тц} = 12^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $\omega = 10^\circ$):

- ◆— $d = 4,3$ мм —■— $d = 5,9$ мм —▲— $d = 7,7$ мм —●— $d = 9,4$ мм
 —◇— $d = 10,9$ мм —□— $d = 13,9$ мм —△— $d = 15,9$ мм —○— $d = 19,9$ мм

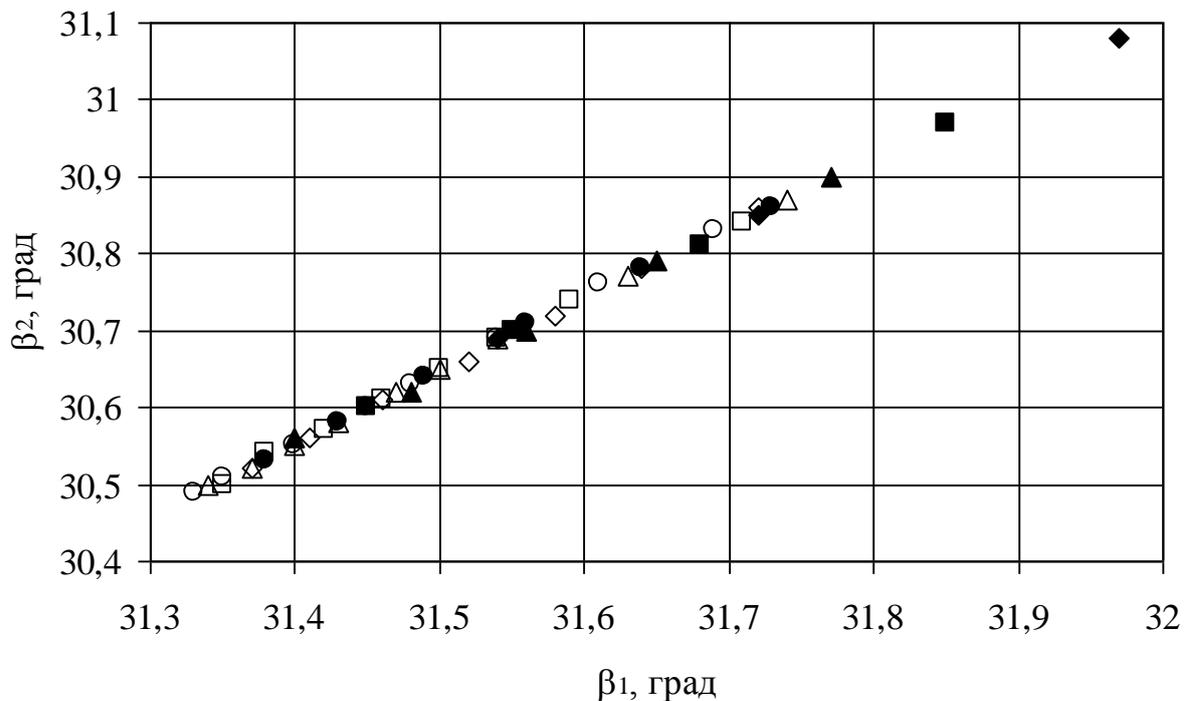
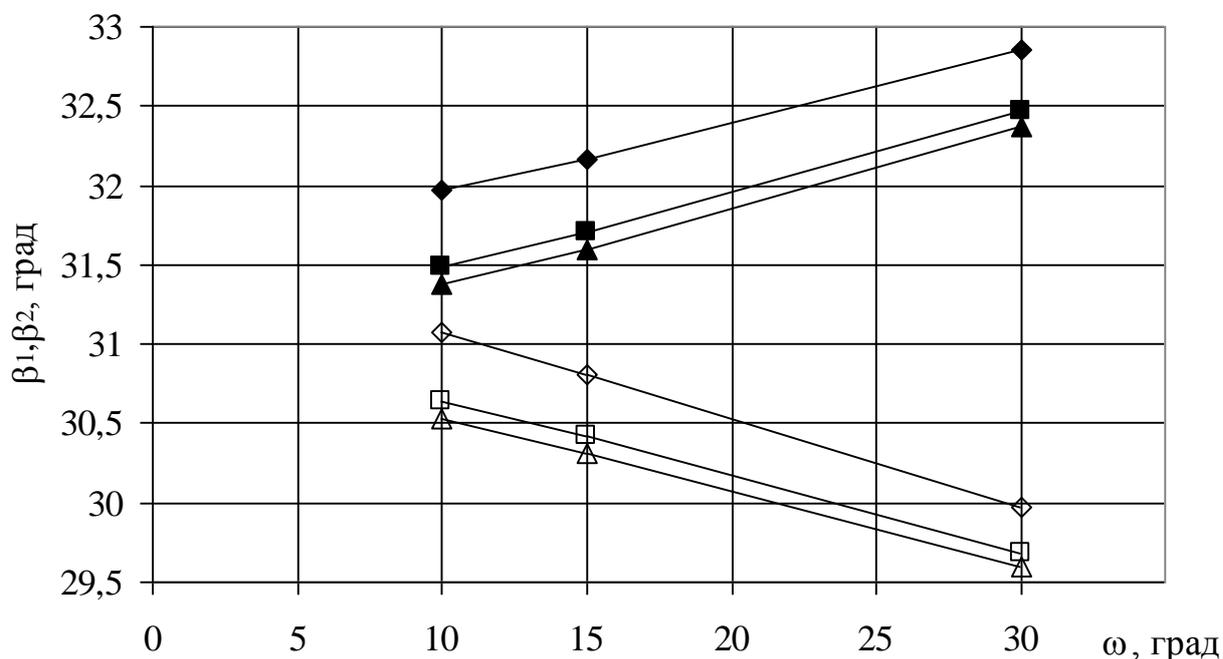


Рис. 9. Зависимости углов профиля зуба ($\gamma_{тц} = 12^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $\omega = 10^\circ$):

◆ $d = 4,3 \text{ мм}$ ■ $d = 5,9 \text{ мм}$ ▲ $d = 7,7 \text{ мм}$ ● $d = 9,4 \text{ мм}$
 ◇ $d = 10,9 \text{ мм}$ □ $d = 13,9 \text{ мм}$ △ $d = 15,9 \text{ мм}$ ○ $d = 19,9 \text{ мм}$



◆ $\beta_1, d = 4,3 \text{ мм}$ ◇ $\beta_2, d = 4,3 \text{ мм}$ ■ $\beta_1, d = 9,4 \text{ мм}$ □ $\beta_2, d = 9,4 \text{ мм}$
 ▲ $\beta_1, d = 19,9 \text{ мм}$ △ $\beta_2, d = 19,9 \text{ мм}$

Рис. 10. Зависимости углов профиля зуба от угла наклона винтовой стружечной канавки ($\gamma_{тц} = 12^\circ$, $\alpha = 9^\circ$, $P = 1 \text{ мм}$)

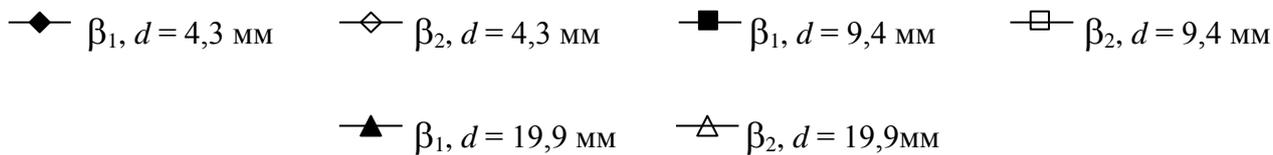
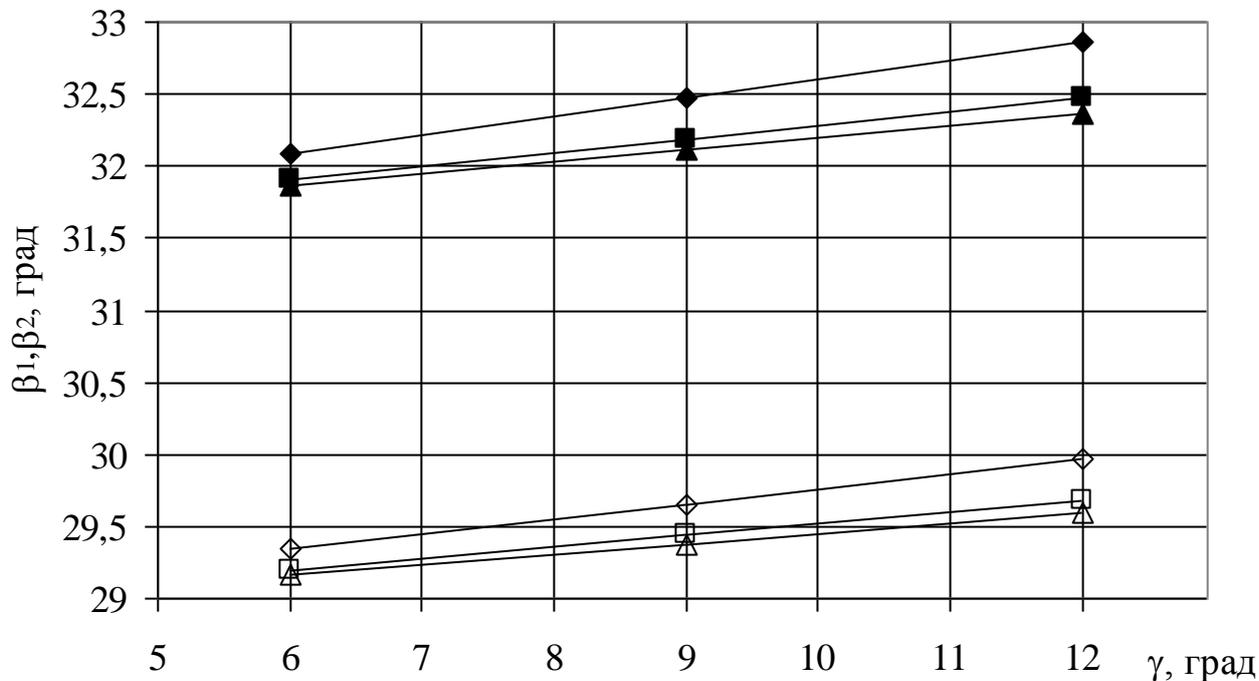


Рис. 11. Зависимости углов профиля зуба от переднего угла

($\alpha = 9^\circ, \omega = 30^\circ, P = 1$ мм)

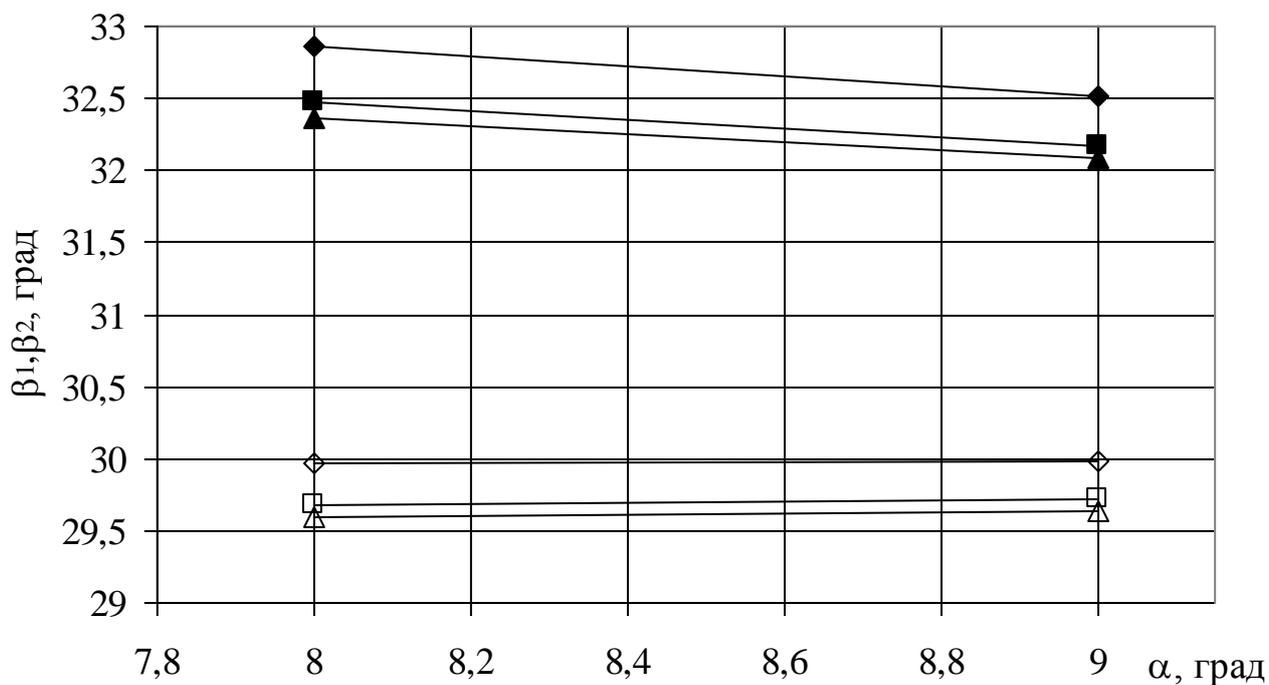
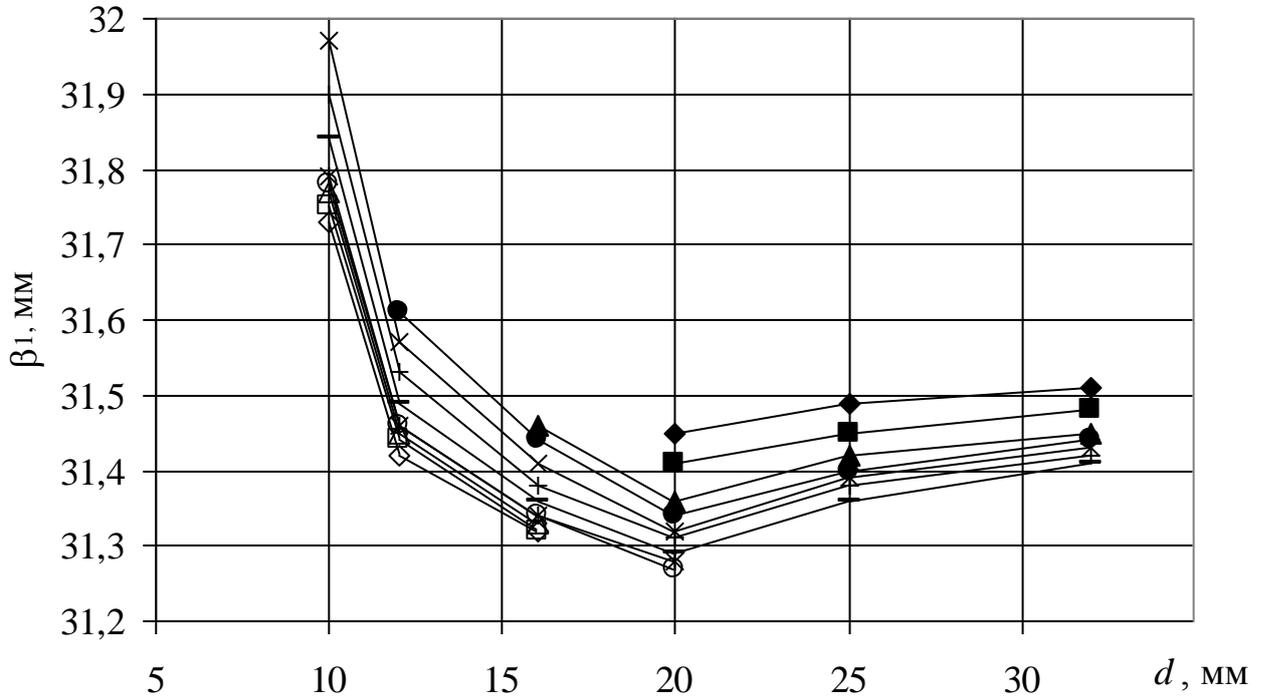
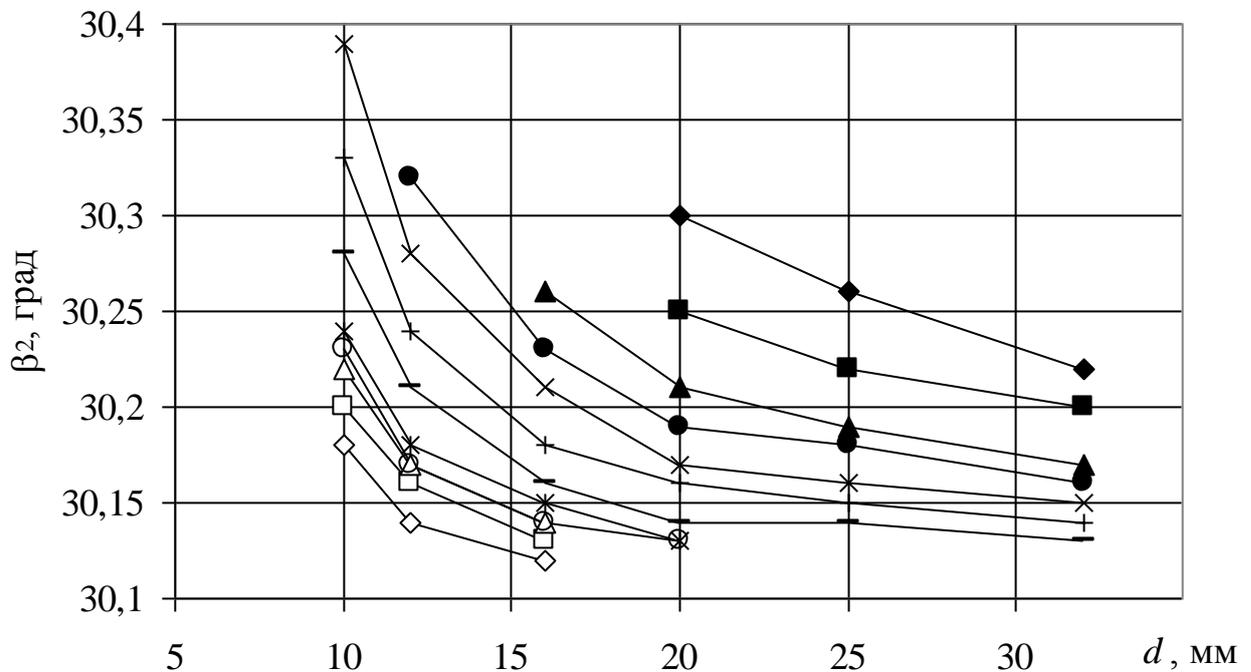




Рис. 12. Зависимости углов профиля зуба от заднего угла ($\gamma_{\text{пц}} = 12^\circ, \omega = 30^\circ, P = 1 \text{ мм}$)



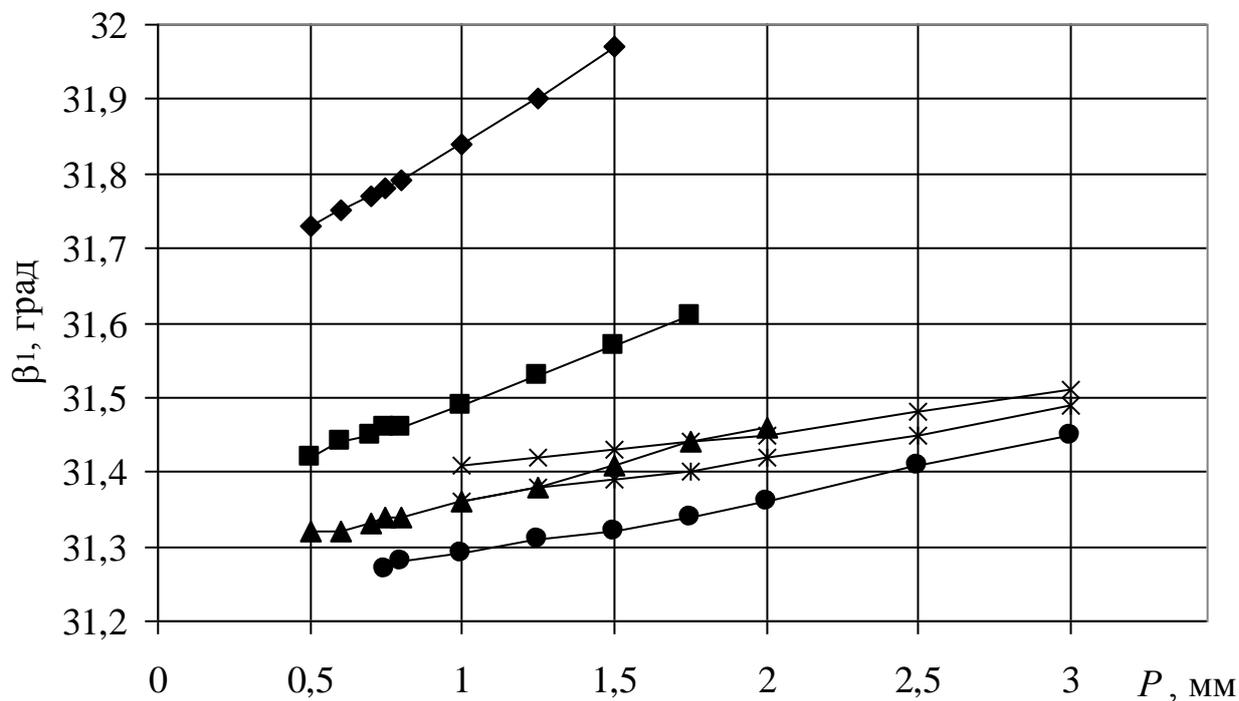
а



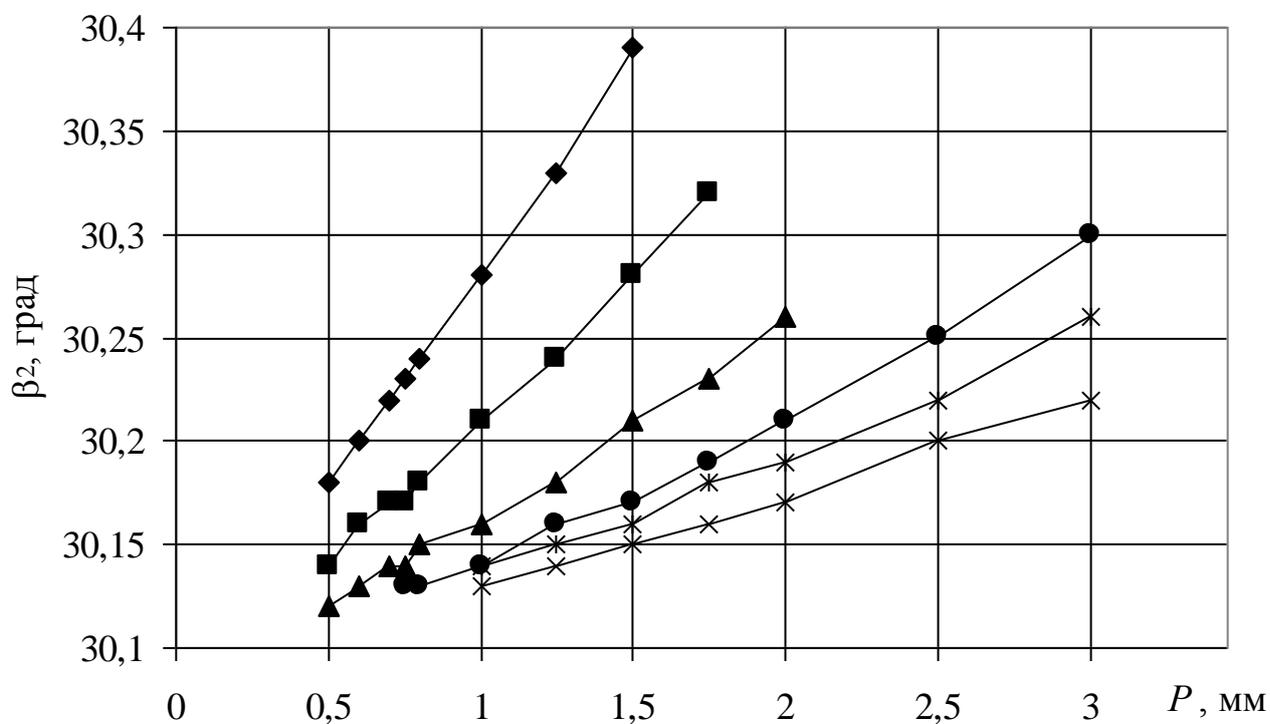
б

Рис. 13. Зависимости углов профиля зуба β_1 (а) и β_2 (б) от наружного диаметра резьбообразующей части инструмента ($\gamma_{\text{пц}} = 10^\circ, \omega = 15^\circ, \alpha$ соответствует параметру k по ГОСТ 1336-77):

- \diamond — $P = 0,5$ мм \square — $P = 0,6$ мм \triangle — $P = 0,7$ мм \ominus — $P = 0,75$ мм
 \ast — $P = 0,8$ мм $—$ — $P = 1$ мм $+$ — $P = 1,25$ мм \times — $P = 1,5$ мм
 \bullet — $P = 1,75$ мм \blacktriangle — $P = 2$ мм \blacksquare — $P = 2,5$ мм \blacklozenge — $P = 3$ мм



a



б

Рис. 14. Зависимости углов профиля зуба β_1 (а) и β_2 (б) от шага резьбы ($\gamma_{\text{ти}} = 10^\circ$, $\omega = 15^\circ$, α соответствует параметру k по ГОСТ 1336-77):

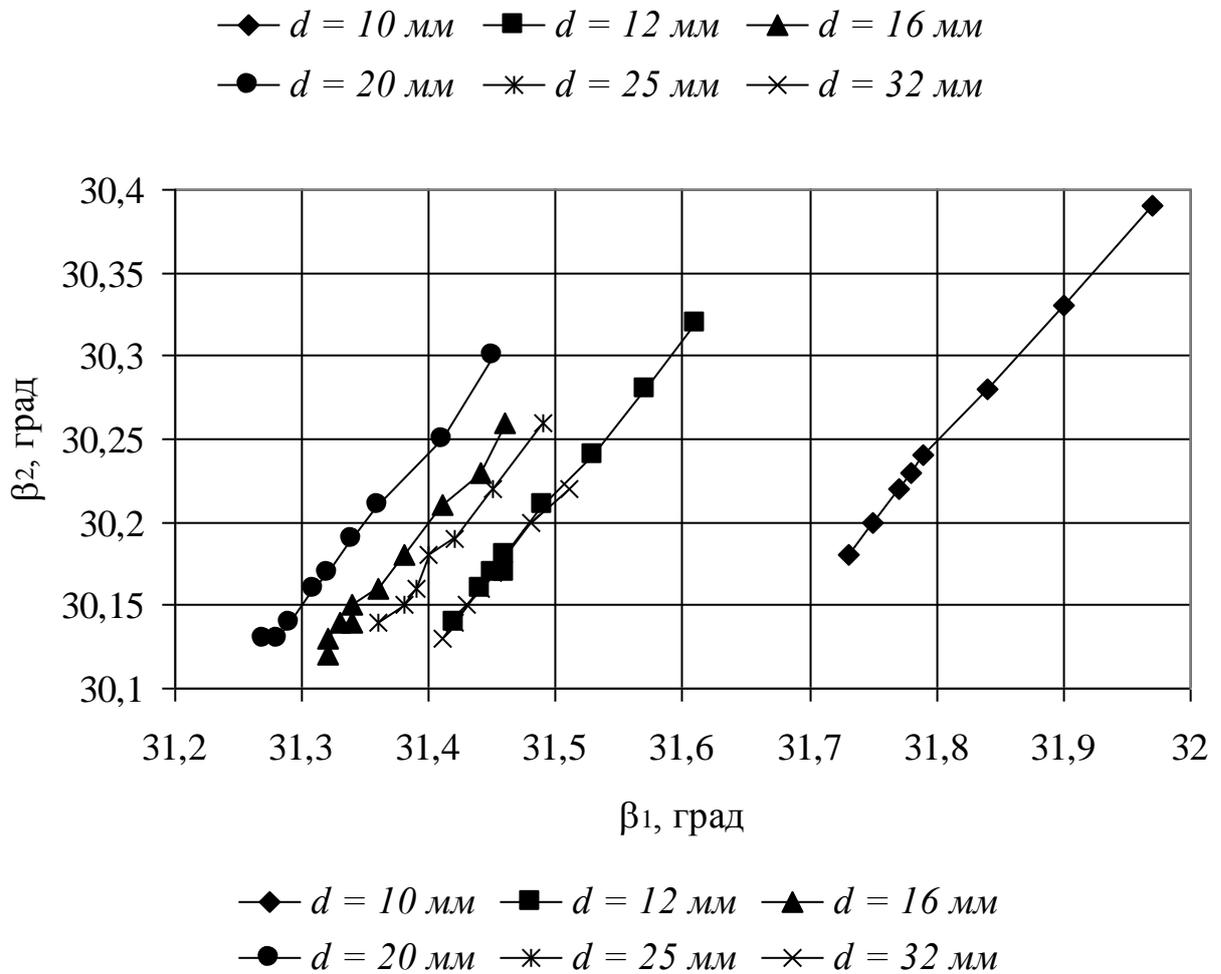


Рис. 15. Зависимости углов профиля зуба ($\gamma_{\text{ти}} = 10^\circ$, $\omega = 15^\circ$, α соответствует параметру k по ГОСТ 1336-77)

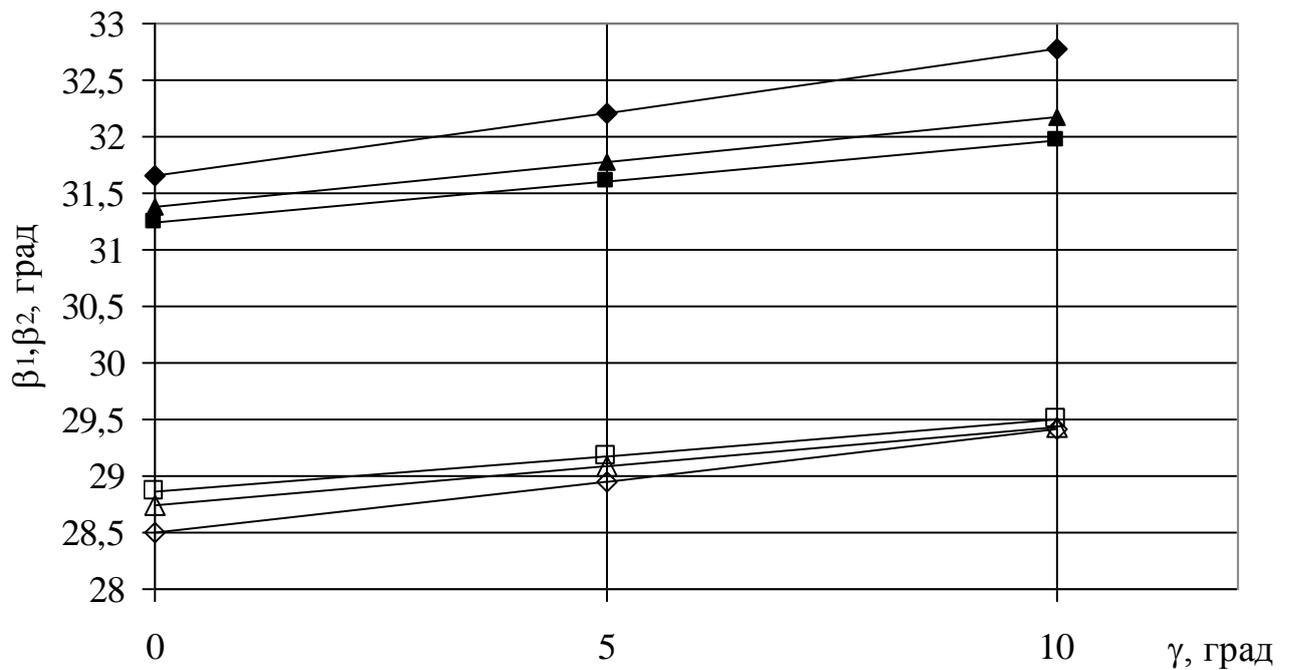




Рис. 16. Зависимости углов профиля зуба от переднего угла
 $(\omega = 30^\circ, P = 1 \text{ мм}, \alpha$ соответствует параметру k по ГОСТ 1336-77)

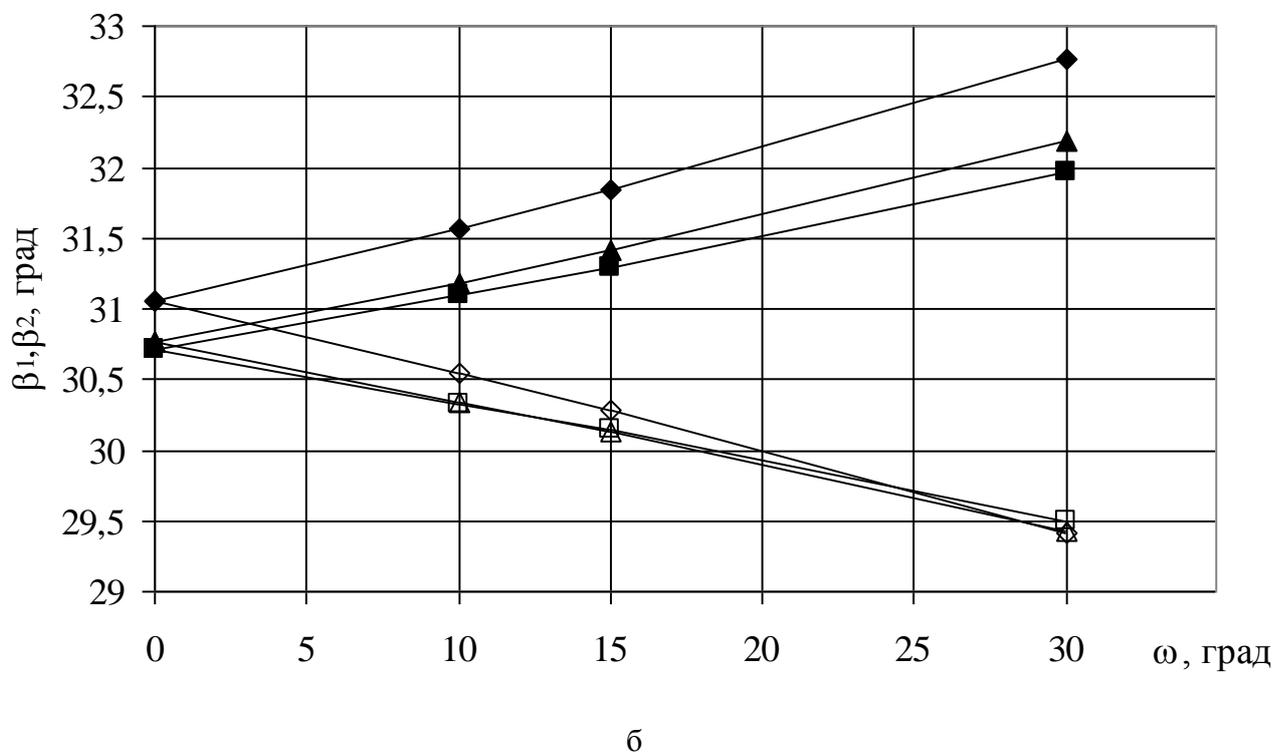
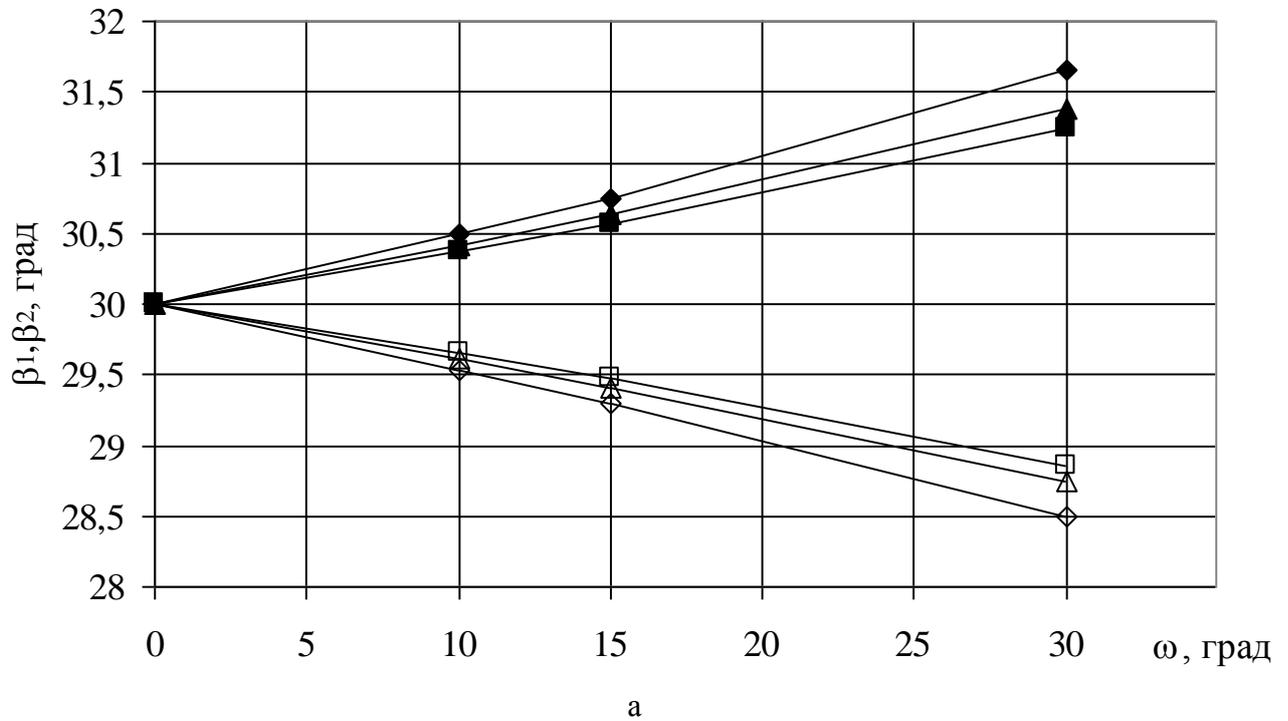
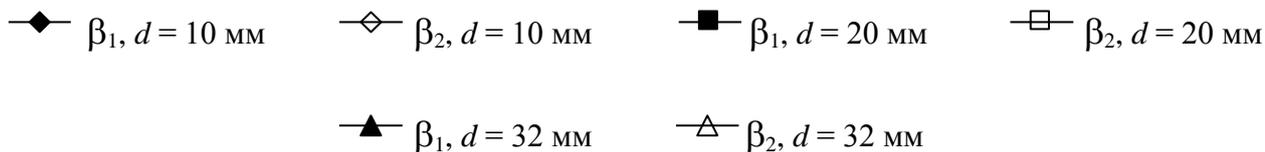


Рис. 17. Зависимости углов профиля зуба от угла наклона винтовой стружечной канавки ($P = 1 \text{ мм}$, $\gamma_{\text{нц}} = 0^\circ$ (а), $\gamma_{\text{нц}} = 10^\circ$ (б), α соответствует параметру k по ГОСТ 1336-77):



На рисунках 7...12 представлены зависимости, полученные для модели с варьированием пяти факторов (d , P , $\gamma_{\text{тц}}$, α , ω) по плану, на рисунках 13...17 для модели, расширяющей диапазон варьирования факторов согласно ГОСТ 1336-77 (d , P , $\gamma_{\text{тц}}$, ω). При этом задний угол α рассчитывался и вводился в модель согласно параметра затылования k , приведенного в ГОСТ 1336-77 для принятого диаметра и числа зубьев инструмента. Таким образом, представленная выше модель получения углов профиля зубьев резьбовых фрез может быть использована как для получения углов профиля β_1 и β_2 в широком диапазоне варьирования параметров инструмента для всех типов инструментальных материалов, так и для расширения возможностей расчета параметров согласно ГОСТ 1336-77.

Анализ рисунков 7...17 позволяет сделать следующие выводы.

1) Наличие переднего и заднего углов, а также угла наклона винтовых стружечных канавок при принятых значениях диаметра и шага инструмента обуславливает получение углов профиля зуба отличных от 30° , что требует расчета углов β_1 и β_2 в каждом конкретном случае проектирования. В общем случае имеем несимметричный профиль относительно оси, проходящей через вершину зуба.

2) Зависимость углов профиля от наружного диаметра резьбовой фрезы носит монотонный убывающий характер (рисунок 7); от шага нарезаемой резьбы носит монотонный возрастающий характер (рисунок 8) в пределах значений параметров расчета модели.

3) Зависимость углов профиля β_1 и β_2 (рисунок 9) показывает, что при принятых значениях параметров d , P , $\gamma_{\text{тц}}$, α , ω точки принадлежат линейной регрессии, что указывает на функциональную зависимость (связь) углов β_1 и β_2 .

4) Зависимость углов профиля (рисунок 10) от угла наклона винтовой стружечной канавки носит монотонный возрастающий характер для угла β_1 и монотонный убывающий характер для угла β_2 в пределах значений параметров расчета модели.

5) Зависимость углов профиля (рисунок 11) от переднего угла носит монотонный возрастающий характер для углов β_1 и β_2 в пределах значений параметров расчета модели.

6) Зависимость углов профиля (рисунок 12) от заднего угла носит монотонный убывающий характер для угла β_1 и монотонный возрастающий характер для угла β_2 в пределах значений параметров расчета модели.

7) Для зависимости (рисунок 15), представляющей значения углов профиля зуба для модели, расширяющей возможности ГОСТ 1336-77 можно сделать вывод о том, что в отличие от суммарной линейной регрессии (рисунок 9), зависимости углов профиля образуют несовпадающие линейные регрессии для каждого значения диаметра инструмента. Это связано с тем, что для каждой регрессии принимался задний угол, рассчитанный в соответствии с принятым значением параметра затылования, следовательно, задние углы получались различными.

8) Зависимости углов профиля зуба (рисунок 13) от наружного диаметра резьбообразующей части инструмента для фрез по ГОСТ 1336-77 оценить сложно, поскольку (как и в случае с зависимостью на рисунке 15) каждому диаметру инструмента соответствует свой задний угол, следовательно, нельзя говорить о постоянстве заднего угла при проведении расчетов.

9) Зависимость углов профиля (рисунок 14) от шага нарезаемой резьбы для фрез по ГОСТ 1336-77 носит монотонный возрастающий характер для углов β_1 и β_2 в пределах значений параметров расчета модели.

10) Зависимость углов профиля зуба (рисунок 16) от переднего угла для фрез по ГОСТ 1336-77 носит монотонный возрастающий характер для углов β_1 и β_2 в пределах значений параметров расчета модели.

11) Зависимость углов профиля (рисунок 17 а,б) от угла наклона винтовой стружечной канавки для фрез по ГОСТ 1336-77 носит монотонный возрастающий характер для угла β_1 и монотонный убывающий характер для угла β_2 в пределах значений параметров расчета модели. При этом для переднего угла $\gamma_{тц} = 0^\circ$ углы профиля β_1 и β_2 изменяются от значения 30° (рисунок 17,а), а наличие $\gamma_{тц} > 0^\circ$ сдвигает углы профиля зуба в сторону больших значений. Наличие прямой стружечной канавки ($\omega = 0^\circ$) обуславливает симметричность профиля зуба (рисунок 17 а,б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В программном комплексе *CATIA V5 R17* разработана геометрическая модель, позволяющая определить углы профиля зубьев резьбовых фрез с винтовыми стружечными канавками. Исследование модели проводилось для геометрических и конструктивных параметров гребенчатых резьбовых фрез, изготовленных из твердого сплава и быстрорежущей стали.

Установлено, что наличие переднего и заднего углов, а также угла наклона винтовых стружечных канавок при принятых значениях диаметра и шага инструмента обуславливает

получение углов профиля зуба отличных от 30° , что требует расчета углов β_1 , β_2 в каждом конкретном случае проектирования. В общем случае имеем несимметричный профиль относительно оси, проходящей через вершину зуба.

Установлено влияние диаметра резбообразующей части фрезы d , шага зубьев P , переднего угла $\gamma_{\text{тц}}$, заднего угла α и угла наклона винтовой стружечной канавки ω на изменение углов несимметричного профиля зубьев β_1 , β_2 в пределах значений параметров расчета модели.

Список литературы

1. Мальков О.В., Литвиненко А.В. Общий случай профилирования зубьев резбовой части сверлорезьбофрезы // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 1997. № 2. С. 77-84.
2. Мальков О.В. Профилирование зубьев резбовых фрез с винтовыми стружечными канавками // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2013. № 6. DOI: [10.7463/0613.0579350](https://doi.org/10.7463/0613.0579350)
3. Семенченко И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. М.: Машгиз, 1962. 952 с.
4. Карцев С.П. Инструмент для изготовления резьбы. М.: Машгиз, 1955. 252 с.
5. Левицкий М.Я. Резьбофрезерование. Киев: Машгиз. Украинское отд-ние, 1950. 192 с.
6. Левицкий М.Я. Основы резьбофрезерования. Киев: Машгиз. Украинское отд-ние, 1953. 156 с.
7. Титов А.И. Изготовление резбовых фрез со спиральными канавками и передним углом $\gamma > 0$ // Холодная обработка металлов: сб. статей. М.: Оборонгиз, 1958. С. 13-17. (Сер. Передовой опыт производства / Науч.-исслед. ин-т технологии и организации производства авиац. пром-сти НИАТ; вып. 7).
8. Пикалов Б.И., Пашко Н.М., Жигалов В.И. Исследование зависимости параметров профиля резьбы в системе деталь - метчик // Исследования в области технологии образования наружных и внутренних резьб, резбообразующих инструментов, станков и методов контроля резьб: сб. статей. Тула: Тульский политехнический институт, 1974. С. 134-141.

Design and research of calculation models of the tooth profile angles of thread milling cutter with helical flutes

03, March 2014

DOI: 10.7463/0314.0702743

O.V. Malkov

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation

olma70@mail.ru

The review of manufacturer's programs to make thread milling cutters has shown that most of milling cutters are produced with the helical flutes with the ω slope angle within the range of $10^\circ \dots 30^\circ$. Thus, thread milling cutters, made of high speed steels, essentially, are not produced. In Russia there is GOST 1336-77, to regulate the parameters of thread milling cutter shaving with a straight flutes, made of high speed steels.

It is established that available rake and clearance angles, and inclination angle of helical flutes at the accepted values of pitch and diameter of the tool lead to obtaining the angles of the tooth profile other than 30 degrees, thus requiring the calculation of angles β_1 and β_2 in each case of design. In the general case we have an asymmetrical profile with respect to the axis passing through the top of the tooth.

Using the CATIA V5 R17 software, a geometric model that allows us to determine the angles of the tooth profile of thread milling cutter with helical flutes has been developed. The model research has been conducted for geometric and design parameters of thread milling cutter, made of cemented carbide and high speed steel. The paper presents a method for constructing models and key assumptions adopted for its development.

Dependences are obtained for the model with a variation of the five factors (external diameter d , step profiles, P , rake γ_{TH} , clearance α , inclination angle of helical flutes ω) for thread milling cutters, made of cemented carbide and according to the model that extends the range of variation factors (d , P , γ_{TH} , ω) according to GOST 1336-77. Thus, this model to have the angles of the tooth profile of thread milling cutter with helical flutes can be used both to obtain the angles profile β_1 and β_2 in a wide range of varying tool parameters for all types of tool materials, and to broaden the possibilities for calculation of parameters according to GOST 1336-77.

References

1. Mal'kov O.V., Litvinenko A.V. [General case of profiling teeth of threaded part of drill-thread-milling cutter]. *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Mashinostroenie - Herald of the Bauman MSTU. Ser. Mechanical Engineering*, 1997, no. 2, pp. 77-84. (in Russian).
2. Mal'kov O.V. [Teeth profiling of thread milling cutters with helical flutes]. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana - Science and Education of the Bauman MSTU*, 2013, no. 6. DOI: [10.7463/0613.0579350](https://doi.org/10.7463/0613.0579350) (in Russian).
3. Semenchenko I.I., Matyushin V.M., Sakharov G.N. *Proektirovanie metallovezhushchikh instrumentov* [Design of metal-cutting tools]. Moscow, Mashgiz Publ., 1962. 952 p. (in Russian).
4. Kartsev S.P. *Instrument dlya izgotovleniya rez'by* [Tool for manufacturing thread]. Moscow, Mashgiz Publ., 1955. 252 p. (in Russian).
5. Levitskiy M.Ya. *Rez'bofrezerovanie* [Thread milling]. Kiev, Mashgiz: Ukrainian department Publ., 1950. 192 p. (in Russian).
6. Levitskiy M.Ya. *Osnovy rez'bofrezerovaniya* [Basics of thread milling]. Kiev, Mashgiz: Ukrainian department Publ., 1953. 156 p. (in Russian).
7. Titov A.I. [Manufacturing of thread milling cutters with spiral grooves and rake angle $\gamma > 0$]. *Kholodnaya obrabotka metallov: sb. statey* [Cold working of metals: collected papers]. Moscow, NIAT, Oborongiz Publ., 1958, pp. 13-17. (Ser. *Peredovoy opyt proizvodstva* [Advanced production experience]; iss. 7). (in Russian).
8. Pikalov B.I., Pashko N.M., Zhigalov V.I. [Study of the dependence of parameters of the thread profile in the system of detail - tap]. *Issledovaniya v oblasti tekhnologii obrazovaniya naruzhnykh i vnutrennykh rez'b, rez'boobrazuyushchikh instrumentov, stankov i metodov kontrolya rez'b: sb. statey* [Research in technology of formation of external and internal threads, tools for tapping, machine tools and methods of control of threads: collected papers]. Tula, TPI Publ., 1974, pp. 134-141. (in Russian).