

эффективность теплообмена в конвективном пучке обеспечит повышение КПД котла в целом и, следовательно, снижение потребления топлива котельной. На котельной «Южная» (г. Витебск) котлы КВГМ–100 потребляют свыше 10 тыс. т.у.т. в год, поэтому мероприятия по модернизации этих котлов способны обеспечить экономию сотен т.у.т.

#### Список использованных источников

1. Нащокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача / В. В. Нащокин. – Москва. – 469 с.
2. Исаченко, В. П., Осипова, В. А., Сукомел, А. С. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – Москва. – 416 с.
3. Лебедев, В. М. Тепловой расчет котельных агрегатов средней паропроизводительности / В. М. Лебедев. – Москва. – 208 с.

УДК 621:658.512

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ РАЗМЕРНОЙ НАСТРОЙКИ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ

*Беляков Н.В., к.т.н., доц., Беган В.В., студ., Янович В.В., студ.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. На основе анализа условий врезания фрез и их геометрических параметров предложен подход к моделированию рациональных положений систем координат заготовки и инструмента в начальной и конечной точках траекторий резания, а также величин врезания инструментов при торцовом фрезеровании современными твердосплавными пластинами.

Ключевые слова: торцевая фреза, основное время, врезание, рабочий ход, подготовка производства, машиностроение.

Целью работы является разработка системы автоматизированного расчета минимальных величин врезания и перебегов торцевых фрез, координат начального и конечного положения инструмента, а также основного времени для программирования обработки плоских поверхностей на станках с ЧПУ.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи: 1) разработаны общие модели для определения затрат основного (машинного) времени в зависимости от характера поверхности врезания заготовки, симметричности расположения фрезы относительно заготовки, траекторий её движения и формы твердосплавной пластины; 2) составлены расчетные схемы и математические модели определения минимальных величин врезания и перебега торцевых фрез, координат начального и конечного положения инструмента; 3) разработан алгоритм функционирования и общая структура системы поддержки принятия решений для определения минимальных величин врезания и перебега торцевых фрез, координат начального и конечного положения инструмента, а также определения основного времени при обработке плоских поверхностей; 4) разработано программное обеспечение реализации моделей, проведена его комплексная отладка и предварительные испытания.

При формировании общей модели для определения затрат основного (машинного) времени установлено, что принципиальное отличие имеют варианты врезания (выхода) торцевой фрезы либо по прямой (расположенной перпендикулярно направлению подачи или под произвольным углом), либо по окружности. Прочие варианты могут быть к ним приведены. Основными плоскими конструктивными элементами обрабатываемыми торцевыми фрезами, являются плоскости и полукруглые и открытые прямые и наклонные уступы.

Построены общие расчётные схемы для определения длины рабочего хода инструмента  $L_{рх}$ , величины врезания  $L_{вр}$ , а также координат начального ( $X_n$  и  $Y_n$ ) и конечного ( $X_k$  и  $Y_k$ ) положения инструмента относительно системы координат заготовки (рис. 1).

Показателями режима резания при торцовом фрезеровании являются: глубина резания

$t$ , скорость подачи  $S_m$  (мм/мин) и частота вращения шпинделя  $n$  (об/мин). Важное значение при торцовом фрезеровании имеют такие технологические параметры, как ширина фрезерования  $B$  и глубина срезаемого слоя  $t_o$ .

Так на основании принятых обозначений можно определить затраты основного времени  $T_o$  на операцию:

$$T_o = \sum_{i=1}^{N1} \sum_{j=1}^{N2} \left( \frac{L_{epij}}{S_{m1ij}} + \frac{L_{pxij} - L_{epij}}{S_{m2ij}} \right),$$

где  $L_{epij}$  – величина врезания на соответствующем проходе;  $L_{pxij}$  – величина рабочего хода на соответствующем проходе;  $S_{m1ij}$  – минутная подача при врезании на соответствующем проходе;  $S_{m2ij}$  – минутная подача при устойчивом резании на соответствующем проходе;  $N1$  и  $N2$  – числа проходов в соответствующих координатных направлениях.

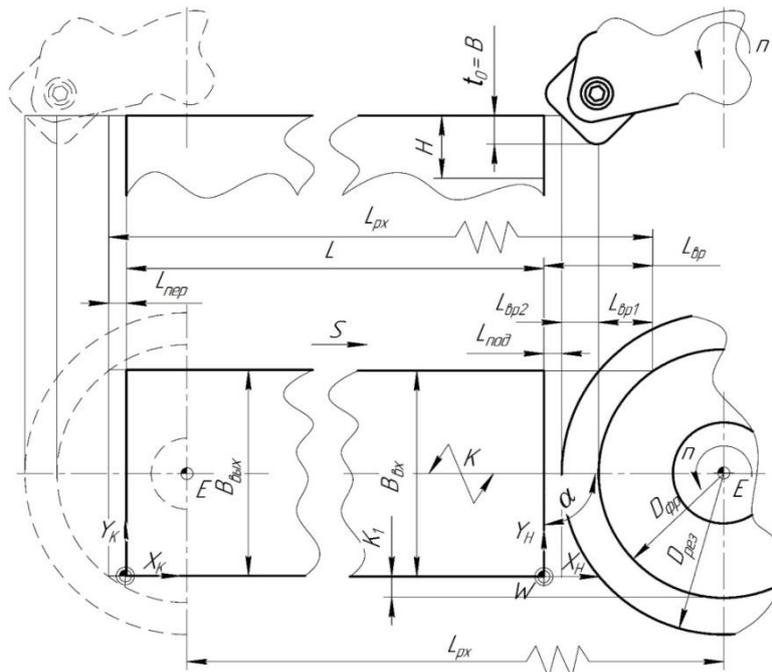


Рисунок 1 – Общая расчетная схема для определения величин рабочего хода и врезания, а так же координат начального и конечного положения фрезы при врезании и выходе по прямой перпендикулярно направления подачи

Потолки значений числа проходов (означает, что полученная величина округляется до ближайшего большего значения):

$$N1 = \left\lceil \frac{H_1}{t} \right\rceil; \quad N2 = \left\lceil \frac{H}{t_o} \right\rceil,$$

где  $H_1$  – припуск по оси  $Y$ ;  $t$  – глубина резания (на рисунке 1:  $t=H_1=B_{ex}$ );  $H$  – припуск по оси  $Z$ ;  $t_o$  – глубина срезаемого слоя.

При расчетах рекомендуется скорректировать значение глубин, таким образом, чтобы они были равны на всех проходах. Иначе на последнем проходе она будет меньше чем на предыдущих. В этом случае глубины на последнем проходе:

$$t = H_1 - t \left\lceil \frac{H_1}{t} \right\rceil; \quad t = H - t_o \left\lceil \frac{H}{t_o} \right\rceil.$$

Длины рабочих ходов:

$$L_{px} = L + L_1 + X_n - X_k + L_{nep},$$

где  $L$  – расстояние между началами систем координат заготовки (при прямолинейной

траектории совпадает с габаритным размером);  $L_1$  – длина траектории отличной от прямолинейной;  $L_{пер}$  – длина перебега (принимается 2...3 мм или отсутствует (в случае обработки полуоткрытых поверхностей)).

Для фрезерования торцовыми фрезами величина врезания складывается из трёх компонентов (рис. 1):

$$L_{ep} = L_{ep1} + L_{ep2} + L_{нод},$$

где  $L_{ep1}$  – обусловлена отношением диаметра фрезы  $D_{фр}$ , ширины заготовки на входе  $B_{ex}$  (или радиуса  $R_{ex}$ ), симметричностью их расположения  $K$  и углом  $\alpha$ ;  $L_{ep2}$  – обусловлена формой твердосплавной пластины;  $L_{нод}$  – величина минимального безопасного подвода инструмента (принимается 2...3 мм).

Установлено, что различные сочетания значений диаметра фрезы  $D_{фр}$ , ширины  $B_{ex}$  (радиуса  $R_{ex}$ ) заготовки, симметричности их расположения  $K$  и угла врезания  $\alpha$  задают положения начал системы координат  $(X_n, Y_n)$  инструмента относительно системы координат заготовки 15 различными способами. Эти способы определяют варианты схем для их определения, а также модели для расчета величин врезания. Для определения координат конечных положений фрез также составлены расчетные схемы и составлены математические модели. Таким образом определены возможные варианты сочетаний входов и выходов фрезы.

Анализ каталогов фирм-производителей торцовых фрез и твердосплавных пластин позволил свести все многообразие пластин к четырем вариантам для определения составляющей величины врезания  $L_{ep2}$ . Для этих вариантов разработаны расчетные схемы и математические модели.

Предложенные методики, модели и алгоритмы позволили создать систему автоматизированного расчета параметров размерной настройки торцовых фрез и доказать их работоспособность (рис. 2). Основной интерфейс приложения разработан с помощью языка гипертекстовой разметки HTML, для перехода между страницами используются ссылки, а для размещения картинок, текста и полей для ввода – блоки. Для визуального восприятия использовались таблицы стилей CSS. Математическая часть и логические взаимосвязи приложения реализованы с помощью JavaScript.

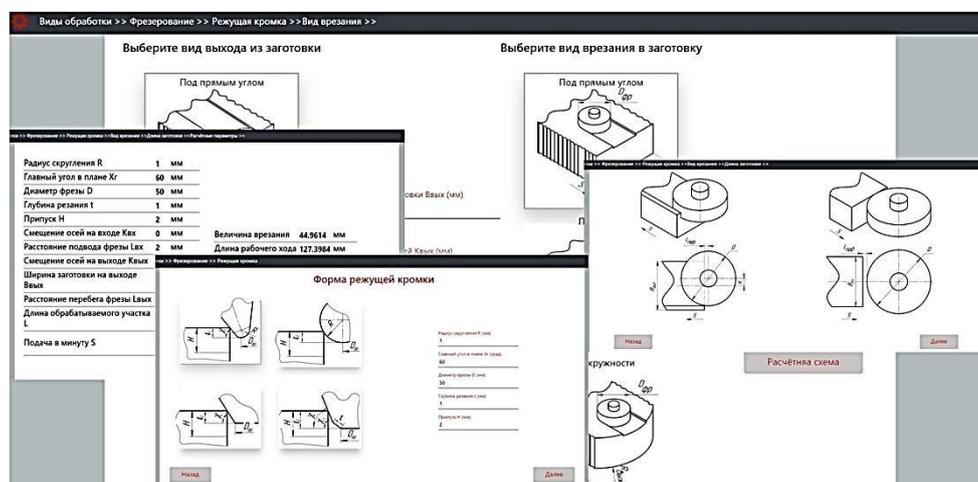


Рисунок 2 – Интерфейсы программного обеспечения системы поддержки принятия решений

При работе с системой пользователь последовательно вводит информацию о геометрических параметрах заготовки на входе и выходе инструмента, смещении фрезы относительно плоскости симметрии, припусках и режимах резания, геометрических параметрах твердосплавных пластин и фрезы в целом, а результатом работы являются координаты начального и конечного положения фрезы, величины врезания, рабочих ходов и основное (машинное) время обработки на участках врезания и устойчивого резания фрезы. УДК 677.072.35