

УДК 621.91.01

И.Н. Фролова, В.А. Сулин

## ОЦЕНКА ПОЛНОТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНСТРУМЕНТА И СТАНКА НА ОСНОВЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ ИХ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ДВИЖЕНИЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Рассмотрены возможные формообразующие движения станка и инструмента. Сформулировано правило сопоставления движений инструмента и станка. Показана возможность оценки полноты использования технологических возможностей инструмента и станка.

*Ключевые слова:* станок, инструмент, формообразующие возможные движения, технологические возможности инструмента и станка.

### Введение

Известно, что основным фактором успеха в современном промышленном производстве является полнота использования возможностей станка и инструмента. В современном мире для обеспечения конкурентоспособности предприятия оно должно постоянно совершенствоваться и модернизироваться. Это вызывает постоянную необходимость в изменении документации и отладке процесса производства. В свою очередь, для быстрого и успешного ведения производственной деятельности предприятию необходима современная развитая система соотношения возможностей станка и инструмента. Особенно это касается мелкосерийного и многономенклатурного производства, когда сроки технологической подготовки производства ограничены.

Одной из наиболее сложных сфер деятельности на предприятии является технологическая подготовка производства. В частности, подбор режущего инструмента, исходя из полноты использования его возможностей на том или ином станке. Инженер-технолог должен перебрать ряд особенностей средств технологического оснащения и только после этого подобрать наиболее оптимальные из них для обработки конкретной поверхности на детали.

Для решения этих проблем необходимо разработать систему по оценке полноты использования технологических возможностей станка и инструмента. Данная система будет основываться на сопоставлении движений инструмента и станка, что покажет, в какой степени режущий инструмент может использоваться на том или ином станке.

### *Возможные движения инструмента*

Сам инструмент может осуществлять свою основную функцию формообразования, заложенную в его конструкции, если он участвует в движениях, передаваемых ему станком. Эти движения будем называть возможные движения.

При описании возможные движения режущего инструмента делятся на две группы:

- линейные перемещения по осям (подачи);
- вращения вокруг осей (главное движение резания).

Для описания возможных движений заполняется шестимерный вектор. Первая ячейка соответствует возможному движению инструмента вдоль оси  $X$  его глобальной системы координат (ГСК) [1], вторая вдоль оси  $Y$  его ГСК, третья вдоль оси  $Z$  его ГСК. Четвертая ячейка соответствует возможному движению инструмента вокруг оси  $X$  его ГСК, пятая вокруг оси  $Y$  его ГСК, шестая вокруг оси  $Z$  его ГСК.

При заполнении вектора используются символы 0 и 1. Символ 1 указывает на наличие возможных движений в соответствующей ячейке, 0-на отсутствие возможного движения. Так

же указывается направление вращения инструмента. Для инструментов с вращением по часовой стрелке перед символом 1 указывается символ (-).

Для наглядности расписывается шестимерный вектор возможных движений, которые совершает концевая фреза (рис. 1):

$$V_1 = (1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1)$$

В векторе  $V_1$  на месте четвертой и пятой ячеек находятся символы 0, указывающие на отсутствие у концевой фрезы вращений вокруг осей  $X_{\text{фрезы(ГСК)}}$  и  $Y_{\text{фрезы(ГСК)}}$ , а символ -1 в шестой ячейке указывает на вращение фрезы по часовой стрелке вокруг оси  $Z_{\text{фрезы(ГСК)}}$ .

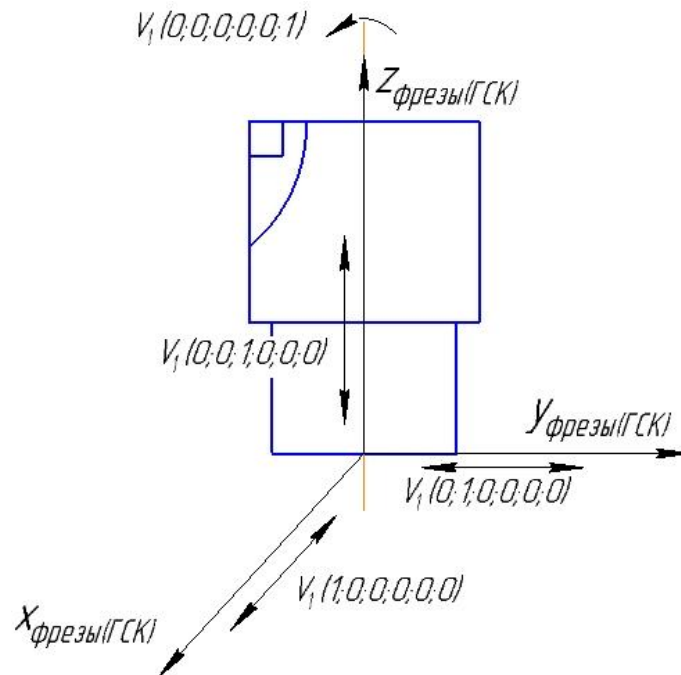


Рис. 1. Возможные движения концевой фрезы

### ***Возможные движения металлорежущего станка***

При описании движения станка делятся на две группы:

- линейные перемещения по осям (подачи);
- вращения вокруг осей (главное движение резания).

Записывается компоновочная формула станка [2]. Все, что находится до символа 0, относится к движениям, которые совершает заготовка. Все, что находится после символа 0, относится к движениям, которые совершает инструмент. Каждое посадочное место под инструмент в компоновочной формуле указывается отдельно и нумеруется.

Для описания движений станка заполняются шестимерные вектора, в которые заносятся движения заготовки и движения посадочных мест под инструмент. Количество векторов зависит от количества посадочных мест. Первый вектор отводится для описания движений заготовки, остальные для движений инструментов. Первая ячейка соответствует перемещению заготовки или инструмента вдоль оси  $X$  ГСК станка, вторая вдоль оси  $Y$  ГСК станка, третья вдоль оси  $Z$  ГСК станка. Четвертая ячейка соответствует вращению заготовки или инструмента вокруг оси  $X$  ГСК станка, пятая вокруг оси  $Y$  ГСК станка, шестая вокруг оси  $Z$  ГСК станка.

Заполнение векторов осуществляется аналогично заполнению вектора возможных движений инструмента.

Для наглядности расписываются вектора движений, которые совершает вертикально-фрезерный станок (рис. 2).

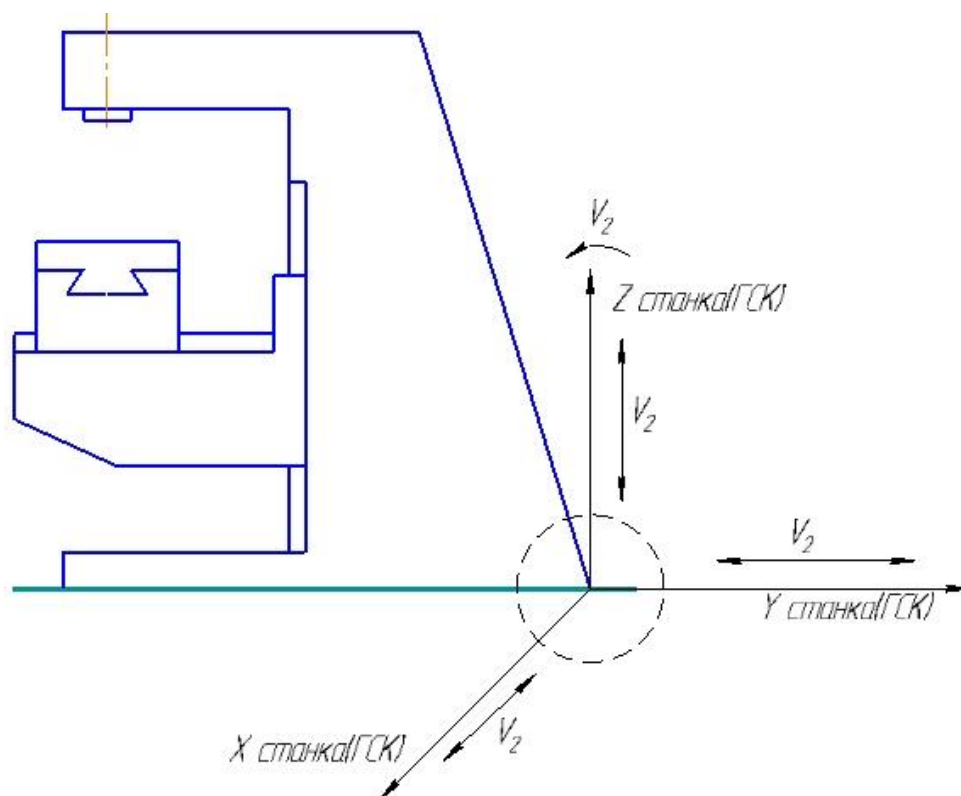


Рис. 2. Движения вертикально-фрезерного станка

Записывается компоновочная формула станка: XYZOCv

$V_{21} = (1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0)$  - движения заготовки;

$V_{22} = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1)$  - движение инструмента.

В этой матрице на первых трех ячейках верхней строки стоят символы 1, указывающие на перемещение стола по осям  $X_{станка(ГСК)}$ ,  $Y_{станка(ГСК)}$ ,  $Z_{станка(ГСК)}$ . В последней ячейке нижней строки стоит символ -1, указывающий на вращение шпинделя по часовой стрелке вокруг оси  $Z_{станка(ГСК)}$ .

### Сборка инструмента и станка

В прямой задаче сборки средств технологического оснащения (СТО) инструмент устанавливается в посадочное место. Для этого совмещается ГСК инструмента с собственной системой координат (ССК) станка. Математически это описывается перемножением соответствующих матриц.

Для наглядности произведем сборку концевой фрезы и вертикально-фрезерного станка (рис. 3.)

Матрица ГСК любого несомого объекта всегда имеет вид единичной матрицы:

$$N_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Матрица ССК шпинделя с координатами центра  $x_{шпинделя(ССК)}$ ;  $y_{шпинделя(ССК)}$ ;  $z_{шпинделя(ССК)}$

$$N_2 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & x_{\text{шпинделя(ССК)}} \\ 0 & 1 & 0 & y_{\text{шпинделя(ССК)}} \\ 0 & 0 & -1 & z_{\text{шпинделя(ССК)}} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Матрица перехода от ГСК фрезы к ССК шпинделя

$$N_3 = N_1 \cdot N_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & x_{\text{шпинделя(ССК)}} \\ 0 & 1 & 0 & y_{\text{шпинделя(ССК)}} \\ 0 & 0 & -1 & z_{\text{шпинделя(ССК)}} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & x_{\text{перехода}} \\ 0 & 1 & 0 & y_{\text{перехода}} \\ 0 & 0 & -1 & z_{\text{перехода}} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

которая определяет статическое расположение фрезы в посадочном месте шпинделя, а также определяет повороты и перемещения (кинематика) фрезы для соединения с посадочным местом на шпинделе.

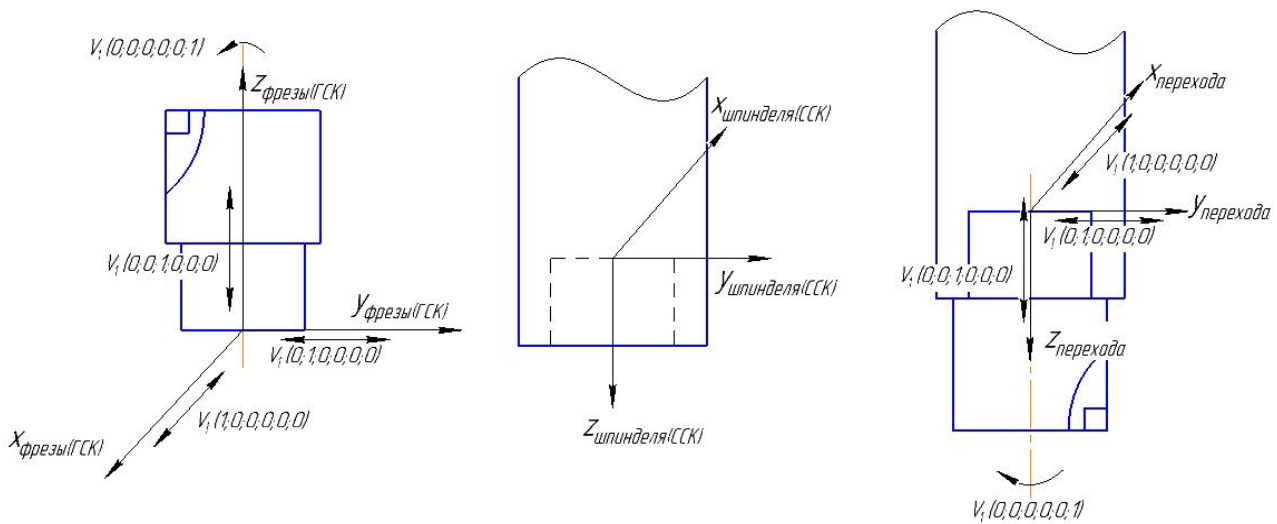


Рис. 3. Сборка фрезы и шпинделя

Переход от матрицы  $N_3$  к вектору  $V_1$

В матрице  $N_3 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & x_{\text{перехода}} \\ 0 & 1 & 0 & y_{\text{перехода}} \\ 0 & 0 & -1 & z_{\text{перехода}} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$ , координаты  $x_{\text{перехода}}, y_{\text{перехода}}, z_{\text{перехода}}$  – это коор-

динаты сборки фрезы и шпинделя, которые отсчитываются относительно ГСК станка (рис. 4).

При сборке произошел поворот фрезы относительно оси  $U_{\text{фрезы(ГСК)}}$ , значит оси  $X_{\text{фрезы(ГСК)}}$  и  $Z_{\text{фрезы(ГСК)}}$  поменяли направление. Следовательно, перед возможными движениями с индексами  $x$  и  $z$  в векторе  $V_1$  нужно поставить символ -. Так как в последней ячейке уже стоит символ -, указывающий на положительное вращение шпинделя, то вместо него ставится символ =:

$$V_1 = (-1 \ 1 \ -1 \ 0 \ 0 \ =1).$$

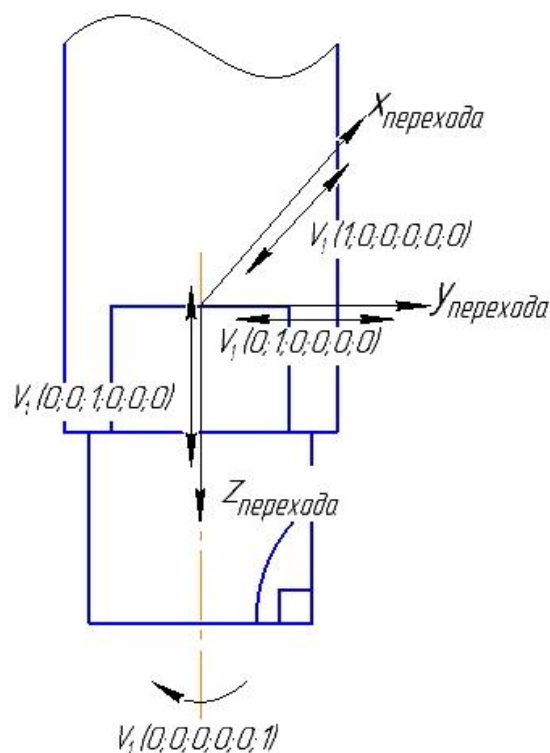


Рис. 4. Концевая фреза и ее возможные движения

**Сопоставление движений инструмента и станка**

Полное соответствие движений инструмента и станка будет, если каждая ячейка возможных движений инструмента совпадет с ячейками векторов движений станка.

Совпадение символов направления вращения: если совпадение вращений происходит по вектору, который отвечает за движение инструмента в станке, то символы «-», отвечающие за направление вращения, должны совпадать. Если совпадение движений происходит по вектору, относящемуся к заготовке, то символы, отвечающие за направление вращения, должны быть противоположенными:

$$V_1 = (1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ -1);$$

$$V_{2_1} = (1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0);$$

$$V_{2_2} = (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1).$$

**Выводы**

Видно, что все ячейка вектора  $V_1$  соответствуют ячейкам векторов  $V_{2_1}$  и  $V_{2_2}$ . Отсюда следует, что все возможные движения инструмента совпадают с движениями станка. Можно сделать вывод, что концевая фреза будет работать на вертикально-фрезерном станке с полным использованием собственных технологических возможностей и полным использованием технологических возможностей станка.

**Библиографический список**

1. **Фролова, И.Н.** Выбор глобальной системы координат для элементов средств технологического оснащения / И.Н. Фролова, Т.С. Люлина, И.С. Ларионов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. №1 (103). С. 98–103.

2. **Решетов, Д.Н.** Точность металлорежущих станков / Д.Н. Решетов, В.Т. Портман. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.

*Дата поступления  
в редакцию 25.01.2016*

**I. N. Frolova, V. A. Sulin**

**EVALUATION OF COMPLETENESS OF USE OF TECHNOLOGICAL POSSIBILITIES  
OF MACHINE TOOL AND BY COMPARING THEIR MOVEMENTS**

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alexeev

**Purpose:** Considered morphogenetic movements of the machine and tool.

**Design/methodology/approach:** Formulated the matching rule of the movements of the tool and the machine.

**Findings:** The possibility of estimating the completeness of the technological capabilities of the tool and the machine.

**Originality/value:** Evaluation of completeness of use of the technological capabilities of the tool and machine tool.

*Key words:* machine, tool, formative potential of the movement, the technological capabilities of the tool and the machine.