

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗАНИЯ ГОРНОЙ ПОРОДЫ ОЧИСТНЫМ КОМБАЙНОМ

Гляков С.А.

Белорусский государственный университет, Минск

*The method of calculation of the force on cutting body of longwall shearers is described in the article. Force calculation includes influence of the type and properties of rock and the passive array of the cutting tools.*

**Введение.** При добыче руды на Старобинском месторождении широко используются очистные комбайны. Эффективность комбайна зависит от многих факторов: конструкция комбайна, мощность двигателя, передаточное число между двигателем и исполнительным органом, типом резцов, схемой расстановки резцов и др. В данной статье будут рассматриваться только факторы, влияющие на эффективность резания, и будет определяться их наиболее рациональная комбинация. В первую очередь — это схема расстановки резцов на режущем органе и передаточное число от двигателя до режущего органа.

**Постановка задачи.** Решается задача построения математической и компьютерной модели резания горной породы инструментом очистного комбайна в пакете MathCad. Исходными данными для модели является мощность двигателя, вращающего режущий орган, КПД двигателя и трансмиссии от двигателя до режущего органа, схема расстановки резцов и механические характеристики горной породы. Причем характеристики горной породы задаются не в общепринятых величинах, а в форме зависимости усилий резания от толщины срезаемой стружки породы. Данные зависимости можно получить экспериментально. Результатами расчета представленной модели являются зависимость изменения сил на каждом резце и момент сопротивления на режущем органе. Такая модель позволяет:

- 1) подобрать оптимальное передаточное число от двигателя к режущему органу;
- 2) сравнить результат решения для различных схем расстановки резцов с целью определения рациональной схемы расстановки;
- 3) оценить неравномерность суммарного момента сил сопротивления.

**Последовательность расчета.** Режущий орган очистного комбайна совершает поступательное движение со скоростью  $V$  и вращательное движение со скоростью  $W$  (рис. 1). От соотношения этих скоростей зависит толщина срезаемой породы за 1 оборот режущего инструмента. На рис. 2 показана траектория движения одного резца (заштрихована область срезаемой руды за один оборот инструмента).

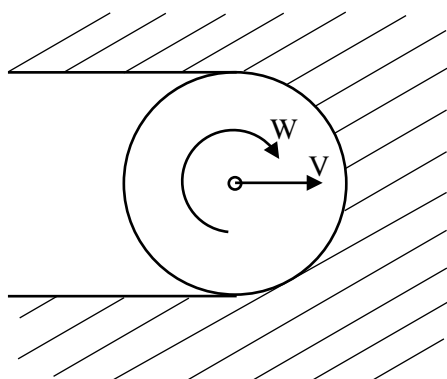


Рис. 1. Движение режущего инструмента

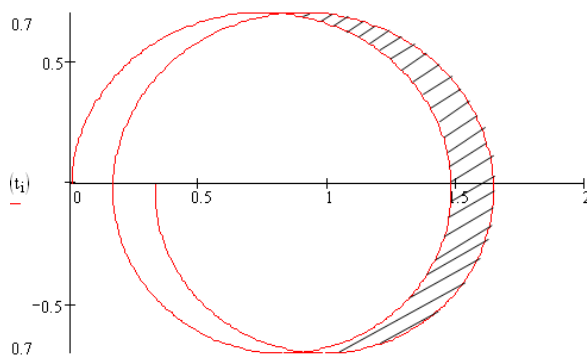


Рис. 2. Траектория движения одного резца

Толщину срезаемой породы при выбранных значениях вращательной и поступательной скоростей можно определить численно, как результат пересечения отрезка  $OA$  (рис. 3) с траекторией движения зубка. Толщиной срезаемой породы будет длина отрезка  $BA$ . Здесь точка  $O$  — ось вращения режущего инструмента в момент времени, для которого определяется толщина срезаемой руды; точка  $A$  — положение вершины резца; точка  $B$  — определяется численно как точка пересечения отрезка  $OA$  и части траектории движения зубка на предыдущем обороте режущего инструмента; индексы 1 и 2 обозначают положение резца и, соответственно, точек  $O$ ,  $A$ ,  $B$  в разные моменты времени. График изменения толщины срезаемой резцом горной породы за один оборот режущего инструмента будет выглядеть как на рис. 4.

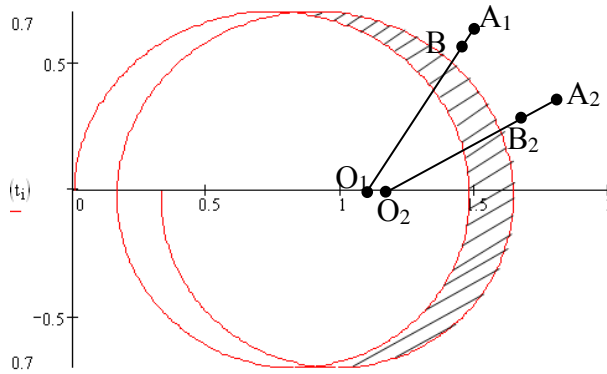


Рис. 3. Определение толщины срезаемой руды

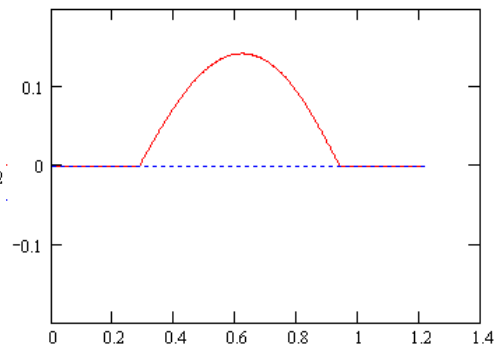


Рис. 4. Толщина срезаемой руды

Таким образом, зная зависимость сил резания от толщины срезаемой породы, график изменения толщины срезаемой породы (рис. 4) и схему расстановки резцов, можно определить силы, действующие на каждый резец в каждый момент времени и суммарный момент от каждой силы, передаваемый на режущий орган. Это позволяет оценить эффективность той или иной схемы расположения резцов, подобрать оптимальное соотношение угловой и поступательной скоростей перемещения режущего органа, оценить неравномерность суммарного момента сил сопротивления, что влияет на эффективность резания [2].

Зная зависимость нормальной и тангенциальной сил резания от глубины резания и величины глубины резания породы в каждый момент времени (рис. 4), можно получить график изменения сил резания на одном резце направленных вдоль направления перемещения резца ( $P_\tau$ ) и перпендикулярно ( $P_n$ ) от угла поворота режущего инструмента (рис. 5). Данный результат может быть полезен для оценки прочности резца.

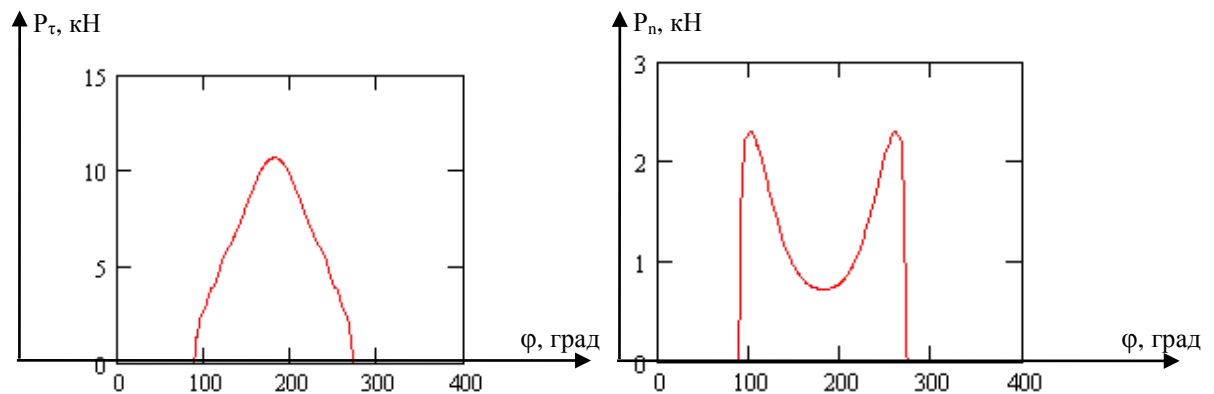


Рис. 5. Графики изменения усилий резания

Сложив проекции сил на оси  $X$  и  $Y$  от каждого резца, получим графики изменения суммарной силы действующей со стороны породы на режущий орган очистного комбайна от угла поворота режущего инструмента.

На рис. 6 приведены моменты, создаваемые силой  $P_T$  от каждого резца, а на рис. 7 - сумма этих моментов, которая при учете КПД и передаточного отношения будет соответствовать нагрузке на привод режущего органа.

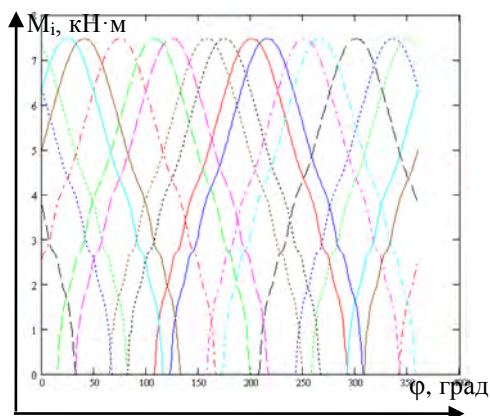


Рис. 6. Моменты сил от каждого резца

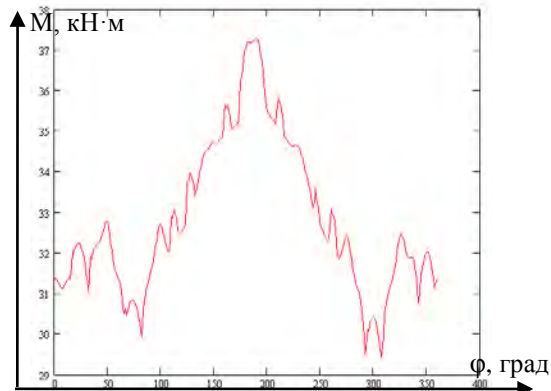


Рис. 7. Сумма моментов сил

Среднее арифметическое значение суммарного момента сил за один оборот режущего инструмента составляет 32,8 кН·м. Теперь, при постоянной скорости вращения  $W=49$  об/мин, изменяя скорость подачи  $V$  в начале программы, можно построить график изменения среднего значения суммарного момента. Такой же график можно получить экспериментально. Сопоставление экспериментального и расчетного графика позволит с большой точностью задать характеристику материала, а, следовательно, и получить точные результаты для всех описанных выше вычислений. Поскольку расчет не включал в себя вычисление нагрузки от кутковой зоны режущего инструмента, то и при экспериментальном определении указанной характеристики следует исключить эту нагрузку. Т. е. предполагается, что следует измерять значение силы тока (через силу тока можно будет определить момент) при различных скоростях подачи комбайна при полном захвате, а затем проводить те же измерения, но при таком захвате, чтобы резание осуществлялось только кутковой зоной инструмента. Разница в этих значениях позволяет определить нагрузку от резания рабочим органом без учета нагрузки от кутковой зоны. Преимущество такого способа экспериментального определения параметров породы заключается в том, что эксперимент проводится на действующем оборудовании без каких-либо изменений в конструкции и в реальных условиях, в которых будет осуществляться добыча оптимизированным режущим органом.

**Выводы.** В представленной статье рассмотрен алгоритм расчета усилий резания, результатом которого являются как зависимости сил на каждом из резцов, так и суммарного момента сопротивления от времени (либо угла поворота режущего органа). Данные зависимости можно получить для различных скоростей подачи и вращения, а также для различных схем расстановки резцов на режущем органе, что дает возможность давать оценку эффективности того или иного набора параметров.

### Литература

1. Жевлаков, А.А. Режимы разрушения сложноструктурных калийных пластов с учетом физико-механических свойств: дис. ... канд. техн. наук : 25.00.20 / А.А. Жевлаков. – Солигорск, 2006. – 134 л.
2. Повышение эффективности работы привода исполнительного органа очистного комбайна при добыче калийных руд Старобинского месторождения / В.Я. Прушак // Горная механика. – 2006. – № 3. – С. 87–91.
3. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MathCAD. Учебный курс. - СПб.: Питер, 2003. - 448 с.