

А.В. Бубликов

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет Украины)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ДОБЫЧНОГО КОМБАЙНА ПРИ ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ

Наиболее перспективным способом добычи угля является использование механизированных комплексов. Оснащены механизированные комплексы узкозахватными добычными комбайнами. В последние годы созданы мощные и высокопроизводительные добычные комбайны со шнековыми исполнительными органами. В связи с этим, а также в условиях значительного развития преобразовательной и вычислительной техники появилась возможность реализации сложных алгоритмов управления. Поэтому весьма актуальна задача анализа и прогнозирования параметров работы добычного комбайна при различных режимах добычи угля в широких диапазонах изменения возмущающих воздействий. Большинство узкозахватных добычных комбайнов со шнековыми исполнительными органами обеспечивается автоматическими системами управления, реализующими минимальный уровень автоматизации отбойки и погрузки угля. Данный режим работы добычного комбайна изучен в достаточной степени в работах Берона А.И., Позина Е.З., Тона В.В., Меламеда В.З. и др., однако при создании новых цифровых систем управления необходимо иметь аналитическую зависимость между управляющим параметром (скоростью подачи) и основным возмущающим (сопротивляемостью угля резанию). Для определения такой зависимости следует с помощью компьютерных технологий более детально исследовать режим работы добычного комбайна с постоянной скоростью резания и переменной скоростью подачи.

Наиболее целесообразно исследовать режим работы добычного комбайна с помощью его имитационной модели. На основании методики расчета силовых и энергетических параметров добычного комбайна в условиях горной выработки [1] разработана имитационная модель для комбайна 2К-101, которая насчитывает следующий комплекс параметров: 20 входных, 4 выходных и 1 возмущающий.

Входными параметрами модели являются горно-геологические условия горной выработки, технологические и конструктивные параметры добычного комбайна, выходными – потребляемая мощность привода комбайна P , кВт; теоретическая производительность комбайна Q , т/мин; удельные энергозатраты w , кВт·ч/т и скорость подачи комбайна V_n , м/мин, которая принята в качестве управляемого параметра. Скорость резания в данном примере – входной параметр. Возмущающим параметром является сопротивляемость угля резанию A_p , кгс/см.

В процессе разработки имитационной модели добычного комбайна были установлены зависимости выходных параметров от входных и возмущающих, т.е.

$$\begin{aligned}P &= F(\vec{X}_{\text{вх}}, A_p, V_n); \\Q &= F(b, m, y, A_p, V_n); \\w &= F(P, Q, A_p, V_n),\end{aligned}$$

где $\vec{X}_{\text{вх}}$ – вектор входных параметров модели комбайна; b – ширина захвата исполнительных органов комбайна, м; m – мощность пласта, м; y – объемный вес угля, м³.

Для получения зависимостей расчетным путем разработан алгоритм имитационной модели добычного комбайна 2К-101. Данная модель предусматривает исследование состояний выходных параметров комбайна при изменении скорости подачи и сопротивляемости угля резанию. Алгоритм модели реализует расчет силовых и энергетических параметров, а также теоретической производительности комбайна методом обхода зубков. Алгоритм модели реализован в среде системы Mathcad.7 рго., что позволило исследовать поведение выходных параметров в отсутствие ограничения на нагрузку комбайна и с учетом этого ограничения. Формирование нагрузочных характеристик комбайна проводятся последовательно по каждому отдельному резцу за полный оборот шнека.

Рассмотрим результаты проведенных исследований режима работы комбайна на персональной ЭВМ. На рис.1,а показана расчетная зависимость составляющих потребляемой мощности комбайна в функции сопротивляемости угля резанию. Здесь P_{p1} – мощность, потребляемая исполнительным верхним органом комбайна; P_{p2} – мощность, потребляемая исполнительным нижним органом комбайна; $P_{п}$ – мощность, затрачиваемая на подачу комбайна; $P_{пг}$ – мощность, затрачиваемая на погрузку отбитого угля на конвейер; $P_{у}$ – устойчивая мощность привода комбайна. Из рисунка следует, что основные затраты потребляемой мощности приходятся на исполнительные органы комбайна. Так, мощность, затрачиваемая верхним шнеком для данного типа комбайна, составляет 50%; мощность, потребляемая нижним шнеком, – 34%; мощность подачи – 12% и мощность погрузки – 2% от общей потребляемой мощности. Устойчивая мощность привода для данного типа комбайна при сопротивляемости угля резанию $A_p = 300$ кг/см равняется 190 кВт и является ограничивающим фактором для потребляемой мощности.

На рис.1,б также приведены график зависимости скорости подачи от сопротивляемости угля резанию и графики ограничений на скорость подачи по различным технологическим условиям. Прямая БВ является ограничением по условию заштыбовки исполнительных органов комбайна ($V_{п.з}$), штриховая прямая – ограничением по условию тяговой способности привода комбайна ($V_{п.т}$), пунктирная линия – ограничением по условию крепления горной выра-

ботки ($V_{п.кр}$), штрих-пунктирная линия — ограничением по условию производительности забойного конвейера ($V_{п.к}$). Из приведенных на рисунке кривых наименьшее значение имеет ограничение $V_{п.к} = 3,25$ м/мин, и это ограничение принимается в качестве расчетного для определения допустимой скорости подачи комбайна. Из рис.1,б следует, что рабочая площадь параметров комбайна разбита на две части: зону стабилизации скорости подачи, где скорость подачи линейно зависит от сопротивляемости угля резанию и может изменяться в пределах от 0 до 3,25 м/мин, и зону стабилизации нагрузки, где скорость подачи нелинейно зависит от сопротивляемости угля резанию и ее максимальное значение может изменяться в пределах от 2,1 до 3,25 м/мин. Нелинейность графика скорости подачи во второй зоне обусловлена превышением потребляемой мощности над устойчивой мощностью привода комбайна и для того, чтобы не вызвать перегрузки привода, необходимо уменьшать скорость подачи.

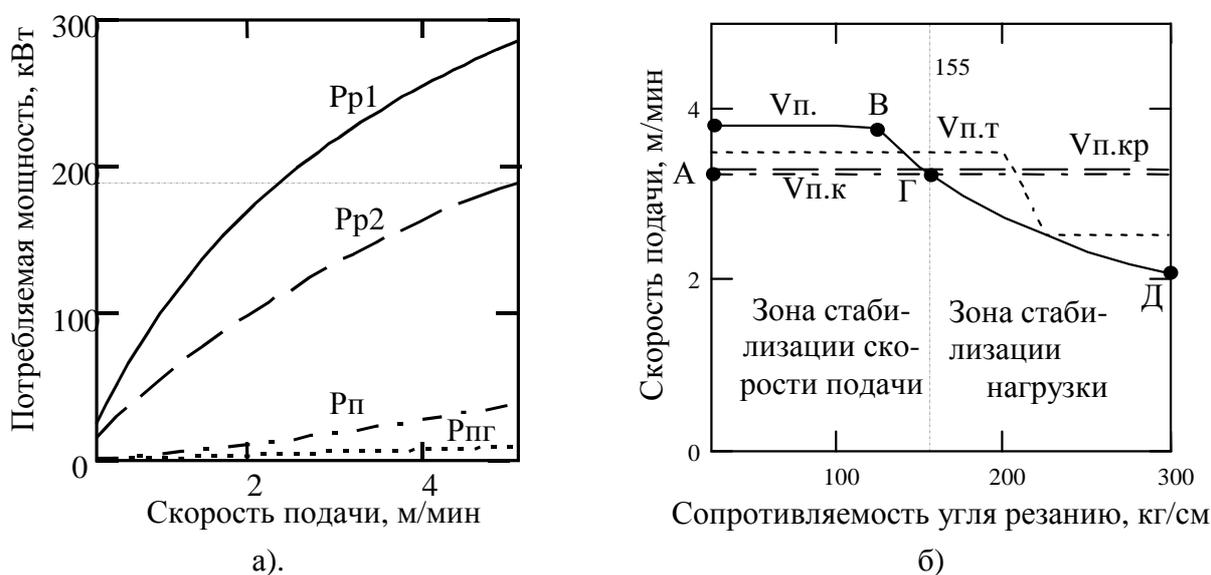


Рис.1. Графики нагрузки (а) и рабочих зон (б)

Таким образом, диаграмма АГД скорости подачи определяет поведение комбайна во всем диапазоне сопротивляемости угля резанию. Она может служить основой для выбора критерия управления комбайном в данном режиме. Для формулировки критерия управления целесообразно заменить нелинейный участок ГД прямой линией, что упростит вычисление координат скорости подачи в процессе управления. На рис.2,а показан график линеаризованной диаграммы скорости подачи комбайна.

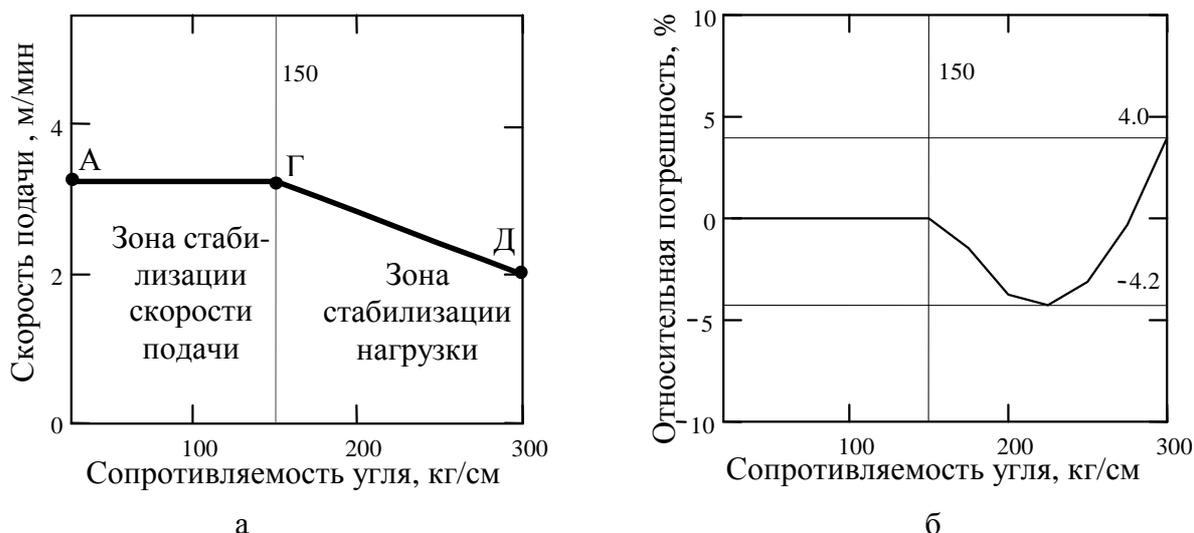


Рис.2. Графики линейризованной диаграммы скорости подачи (а) и относительной погрешности линейризации (б)

Погрешность линейризации диаграммы скорости не превышает 5%, что вполне допустимо для добычного комбайна. В результате исследований был сформулирован критерий управления добычным комбайном в функции опротивляемости угля резанию при неизменной скорости резания.

$$V_y \leq 3,25 \text{ м/мин, если } A_p < 150 \text{ кг/см};$$

$$V_y \leq 3,25 - 0,0083 \cdot (A_p - 150) \text{ м/мин, если } A_p > 150 \text{ кг/см.}$$

Математическое описание установленного критерия управления может быть реализовано с помощью простых арифметических и логических или экспоненциальных и модульных функций в зависимости от горно-геологических и технологических условий добычи угля. Следует также отметить, что данный режим работы не является оптимальным по условию минимальных удельных энергозатрат комбайна.

Список литературы

1. Позин Е.З., Меламед В.З., Тон В.В. Разрушение углей выемочными машинами.- М.: Недра, 1984, 288 с.