

В. А. Пенчук, д-р техн. наук, проф.; Н. В. Мыльников
«ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И
АРХИТЕКТУРЫ»
Макеевка, Украина

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ РАЗРАБОТКИ СВЯЗАННОГО ГРУНТА ШИРОКОЗАХВАТНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

В работе дан анализ взаимодействия с массивом грунта самонастраивающимся широкозахватным рабочим органом. Приведена расчетная схема и математическая модель. Даны результаты экспериментальных исследований.

Долгий путь совершенствования прошли землеройно-транспортные машины (более 150 лет), за этот период конструкции их рабочих органов претерпели значительные изменения. К 2011 году разработаны многие конкретные рекомендации по выбору основных параметров рабочих органов бульдозеров, скреперов и других землеройно-транспортных машин. В работах [1, 2], дан системный анализ этих рекомендаций и показано, что энергоемкость разработки грунта этими машинами пока еще значительна и составляет – 0,1...0,4 кВт·ч/м³.

В работах [1, 2], детально проанализировано основы теории сил резания таких видных ученых как: Баловнев В.И., Баладинский В.И., Берестов Е.И., Ветров Ю.А., Зеленин А.Н., Назаров В.А., Ничке В.В., Федоров Д.И., Хмара Л.А., Холодов А.М. и др.

В этих же работах [3–8] впервые предлагаются математические модели процессов разработки грунта при изменении траектории движения рабочего органа в вертикальной плоскости. Для широкозахватных рабочих органов необходим ещё учет характеристик взаимодействия грунта по ширине отвала, но теоретически обоснования такого учета не сделано.

Целью работы является обоснование возможности снижения энергоемкости разработки грунта широкозахватным рабочим органом за счет управления процессами их взаимодействия с массивом.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- провести системный и детальный анализ установленных ранее закономерностей процессов взаимодействия широкозахватных рабочих органов с массивом грунта;
- разработать расчетную схему взаимодействия широкозахватного органа с массивом грунта, с учетом вероятностного характера траектории его движения;

- обосновать математическую модель предложенным способом взаимодействия широкозахватного рабочего органа с массивом грунта;
- разработать методику экспериментальных исследований предлагаемого способа взаимодействия широкозахватного рабочего органа с массивом грунта;
- провести экспериментальные исследования и выполнить анализ и систематизацию результатов.

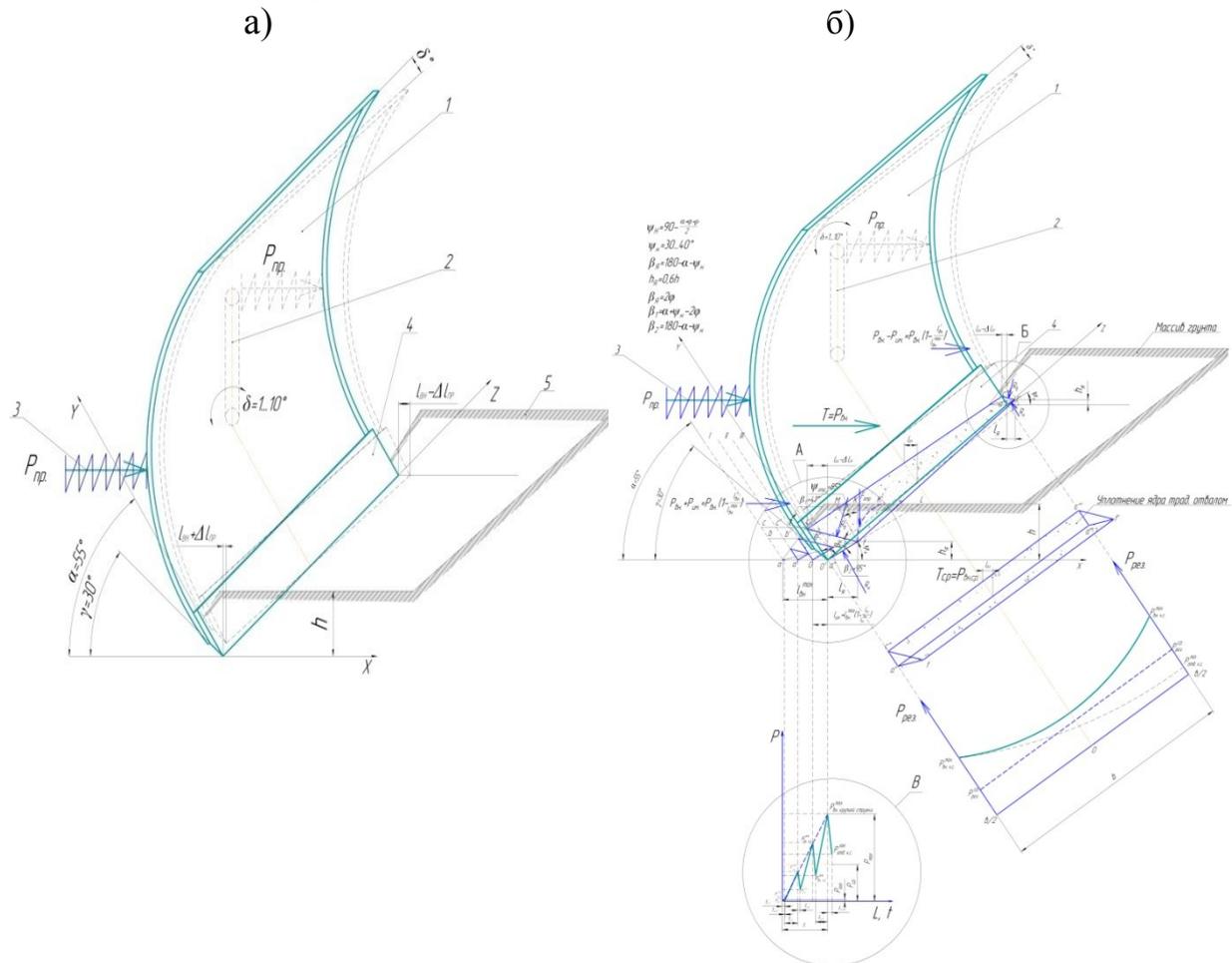


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия широкозахватного рабочего органа с массивом грунта: 1 – отвал; 2 – поворотное устройство; 3 – упругий элемент; 4 – нож; 5 – массив грунта

а) – общая схема работы самонастраивающегося отвала.

б) – частные виды усилий резания грунта самонастраивающимся отвалом.

А, Б, В – процессы взаимодействия режущей кромки с массивом грунта соответственно

А – по правому краю

Б – по левому краю

В – одиночный акт процесса резания грунта

Математическую модель для суммарного усилия резания грунта можно представить следующим образом:

– по оси ОХ-ОУ

$$P(OX - OY) = \sum_{i=1}^n s_i F_{я}^i \cos \beta_i + \sum_{i=1}^n t_i F_{я}^i \sin \beta_i \quad (1)$$

где s_i и t_i – соответственно нормальные и касательные напряжения на i -той поверхности ядра; $F_{я}^i$ – площадь i -той поверхности ядра; β_i – угол наклона i -той поверхности к оси x ; n – количество поверхностей ядра уплотнения;

– по оси OZ

$$P(OZ) = P_1 \left[n + 2 \sum_{k=1}^{n-1} (n-k) \cdot e^{-\beta \cdot k} \right], \quad (2)$$

где P_1 – сила сопротивления грунта резанию на 1-ом участке ножа; n – общее число участков; β – эмпирический коэффициент, зависящий свойства грунта и от длины участков; $k = i - j$ – время корреляции.

В общем случае по трем осям сопротивление массива грунта резанию, можно представить как:

$$P(XYZ) = \left(\sum_{i=1}^n s_i F_{я}^i \cos \beta_i + \sum_{i=1}^n t_i F_{я}^i \sin \beta_i \right) \times \left[n + 2 \sum_{k=1}^{n-1} (n-k) \cdot e^{-\beta \cdot k} \right]. \quad (3)$$

Для проведения экспериментальных исследований был разработан стенд физического моделирования и специальные модели (1:20) широкозахватных рабочих органов.

При проведении экспериментальных исследований для фиксации качественной картины процесса разрушения грунта велось фотографирование (рис. 2).

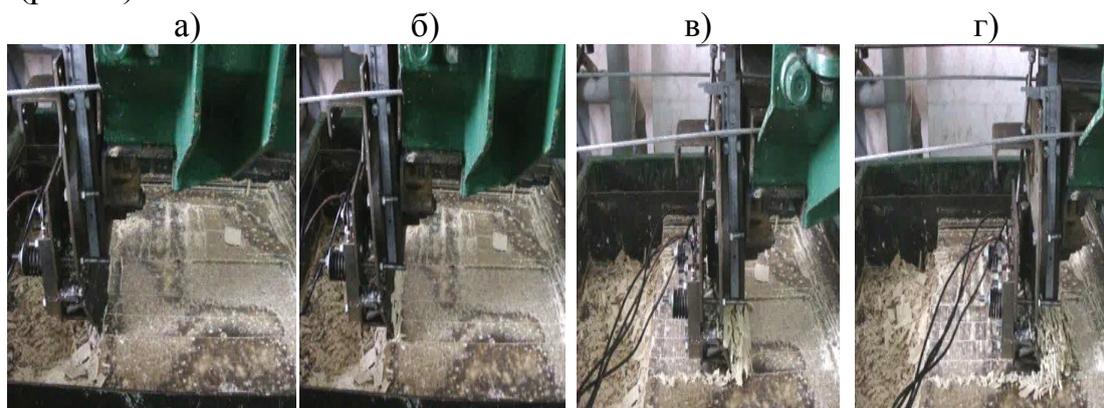


Рис. 2. Фотограмма процесса резания экспериментальной моделью рабочего органа (самонастраивающимся профилем)

Обработка массива данных, полученных в результате проведения эксперимента в соответствии с план-матрицей центрального, композиционного, ротатабельного планирования второго порядка, с проверкой значимости коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента, проводилась с использованием регистрируемой программы PowerGraph Professional и с ее

дальнейшей проверкой программой для ПК Statgraphic 15 Plus for Windows [9–11].

На рис. 3, 4 показаны результаты экспериментальных исследований

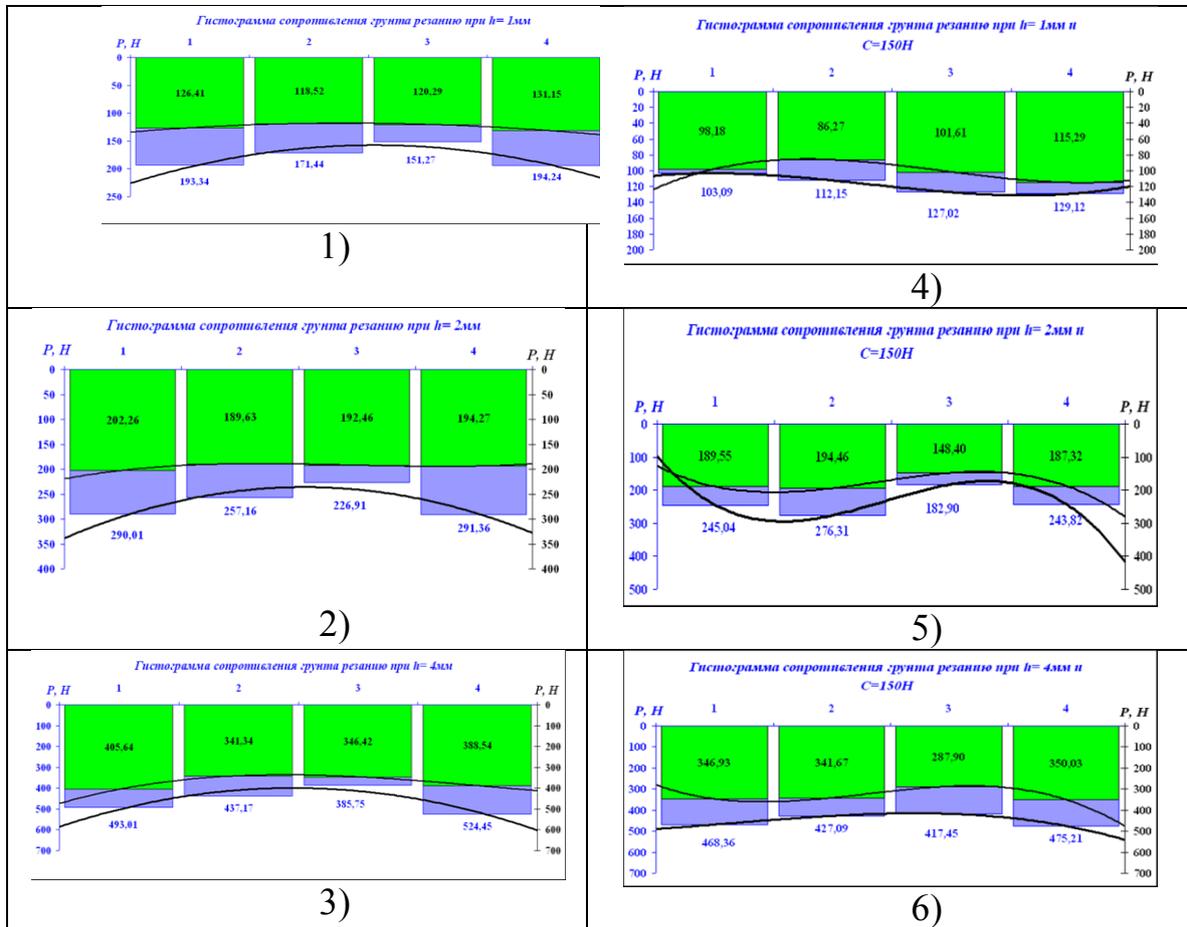


Рис. 3. Гистограммы сопротивления грунта резанию традиционным и самонастраивающимся профилем: 1, 4 – при глубине $h=1$ мм; 2, 5 – при глубине $h=2$ мм; 3, 6 – при глубине $h=4$ мм

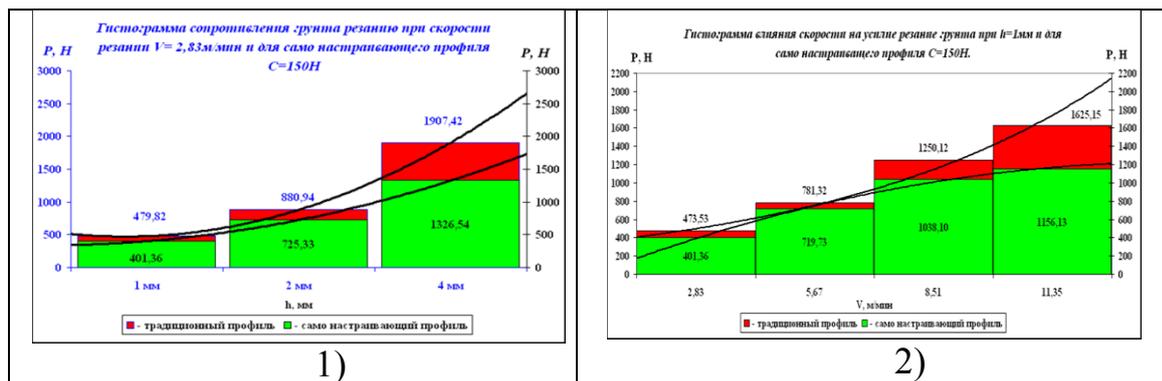


Рис. 4. Гистограммы среднего сопротивления грунта резанию традиционным и самонастраивающимся профилем при $C=150$ Н: 1 – при постоянной скорости $V=2,83$ м/мин и изменяемой глубине $h=1...4$ мм; 2 – при постоянной глубине $h=1$ мм и изменяемой скорости $V=2,83...11,35$ м/мин

Выводы

1. Результаты исследований позволяют однозначно утверждать, что процесс взаимодействия широкозахватным рабочим органом с массивом грунта носит вероятностный характер.

2. Самонастраивающийся широкозахватный рабочий орган перемещается в среде грунта с минимальным усилием и соответственно с минимальными энергозатратами.

3. Использование рабочих органов, реализующих саморегулирующиеся процессы отделения стружки грунта, обеспечивает снижение тягового усилия на 25–30 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Пенчук, В. А.** Современное состояние теорий резаний грунта. / В. А. Пенчук // Интерстроймех–2003 : материалы междунар. науч.-техн. конф. – 2003. – С. 134–137.

2. **Пенчук, В. А.** Комбинированные рабочие органы землеройных машин: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.04 / Пенчук Валентин Алексеевич. – Киев, 2004. – 340 с.

3. **Хмара, Л. А.** Дальнейшее совершенствование конструкций комбинированных рабочих органов на базе метода функционального расчленения / Л. А. Хмара, В. А. Пенчук // Вестн. ПГАСиА. – Днепропетровск : 2006. – № 12. – С. 45–53.

4. **Баловнев, В. И.** Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – М. : Транспорт, 1993. – 383 с.

5. **Баловнев, В. И.** Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин / В. И. Баловнев. – М. : Машиностроение, 1974. – 232 с.

6. **Крупко, В. А.** Динамические характер сил резания / В. А. Крупко // Статика и динамика машин. – Киев : 1978. – С. 18.

7. **Крупко, В. А.** Размеры области пластической деформации модели грунта при резании плоским ножом / В. А. Крупко, В. Н. Смирнов // Горные, строительные и дорожные машины : респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1985. – вып. 38. – С. 47–50.

8. **Пелевин, Л. Е.** Статическая связь между силами сопротивления резанию на различных участках ножа бульдозера / Л. Е. Пелевин // Горные, строительные и дорожные машины : респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1990 – вып. 43. – С. 23–27.

9. **Чудновский, В. Ю.** Критерии подобия грунтов при моделировании рабочего процесса роторных экскаваторов / В. Ю. Чудновский // Горные, строительные и дорожные машины. – 1978. – вып. 26. – С. 33–38.

10. **Смирнов, В. Н.** Особенности процесса разрушения грунтов при косом резании / В. Н. Смирнов // Горные, строительные и дорожные машины – 1978. – вып. 26. – С. 52–56.

11. **Винарский, М. С.** Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М. С. Винарский, М. В. Лурье. – Киев : Техника, 1975. – 168 с.