

УДК 621.8

## ГРЕЙДЕР ДОРОЖНЫЙ ПРИЦЕПНОЙ. ОЦЕНКА ПЛАНИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

**А.В. Ярыжко, доц., к.т.н., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет**

*Аннотация.* Проведен обзор современных прицепных грейдеров с многоотвальной системой. Определены отличительные особенности и область применяемости машины. Сформулирована задача анализа планирующей способности. Предложена методика определения коэффициента сглаживания в продольном и поперечном направлениях.

*Ключевые слова:* прицепной грейдер, планирующая способность, коэффициент сглаживания, микропрофиль, корреляционная функция.

## ГРЕЙДЕР ДОРОЖНИЙ ПРИЧІПНИЙ. ОЦІНКА ПЛАНУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ

**О.В. Ярижко, доц., к.т.н., Харківський національний автомобільно-дорожній університет**

*Анотація.* Здійснено огляд сучасних причіпних грейдерів із багатовідвальною системою. Визначено відмітні особливості й галузь застосовності машини. Сформульовано завдання аналізу планувальної здатності. Запропоновано методіку визначення коефіцієнта згладжування в подовжньому і поперечному напрямках.

*Ключові слова:* причіпний грейдер, планувальна здатність, коефіцієнт згладжування, мікропрофіль, кореляційна функція.

## A TOWED GRADER. ESTIMATION OF DESIGNING PROPERTY

**A. Yaryzhko, Assoc. Prof., Cand., Eng. Sc.,  
Kharkiv National Automobile and Highway University**

*Abstract.* The review of the modern towed graders is conducted with the multiturn system. Distinctive features and area of applied of machine utilization have been determined. The task of analysis of designing ability has been formulated. The method of determining the coefficient of smoothing out in longitudinal and transversal directions has been offered.

*Key words:* towed grader, designing ability, coefficient of smoothing out, cross-correlation function.

### Введение

Повышение качества, снижение сроков и себестоимости дорожного строительства неразрывно связаны с проблемами эффективного использования землеройно-транспортных машин (ЗТМ). Поскольку на земляные работы при строительстве дорог приходится более половины материальных затрат, к ЗТМ предъявляются все более высокие требования по производительности и точности выполняемых технологических операций. Од-

ной из самых массовых землеройно-транспортных машин, применяемых в дорожном строительстве, является автогрейдер. На долю автогрейдера отводятся планировочные и профилировочные работы при возведении земляного полотна. В то же время рынок строительной и дорожной техники пополняется новыми современными моделями прицепных грейдеров. Одной из разновидностей таких машин являются грейдеры с многоотвальной системой (рис. 1 и 2) [1, 2].



Рис. 1. Прицепной грейдер STARK TL 4030



Рис. 2. Грейдер дорожный прицепной FMG, серия TLN

По своей функциональности такие грейдеры могут являться полноценной альтернативой автогрейдеру, при значительно меньшей стоимости и эксплуатационным расходам. Это замечательный внесезонный инструмент для обслуживания гравийных дорог, что, несомненно, является актуальным для лесхоз и сельхозпредприятий.

Грейдер имеет четыре ножа, что позволяет значительно уменьшить время обработки земляной поверхности. Наклон грейдера можно регулировать наклоном колес, чтобы приспособиться к дорожной поверхности. Также можно отдельно регулировать высоту передней и задней частей грейдера.

Прицепной грейдер обладает рядом преимуществ. Увеличенная длина грейдера и увеличение количества отвалов повышают качество планировочных работ, грейдер хорошо работает по мягким и влажным грунтам. Прицепным грейдером можно осуществлять перемешивание грунта с вязкими материалами при строительстве дорог. При этом значительно уменьшается количество проходов по обрабатываемому земляному полотну, так как наличие нескольких отвалов способствует более тщательному перемешиванию.

## Анализ публикаций

Обоснованный анализ эффективности землеройно-транспортных машин не может быть осуществлен без выявления взаимосвязи системы показателей машины с показателями эффективности их функционирования. Сравнительная оценка только по показателю производительности, без учета показателей, характеризующих планирующие свойства автогрейдера, не позволяет объективно и всесторонне оценить эффективность машины. В качестве критериев, характеризующих точность обработки грунта и планирующую способность грейдера, могут быть выбраны коэффициенты сглаживания в продольном  $k_y$  и поперечном  $k_x$  направлениях, равные отношению среднеквадратических отклонений неровностей рельефа до и после прохода машины [3, 4]. На показатель производительности большое влияние оказывает количество проходов автогрейдера по обрабатываемому участку до достижения точности, установленной ДБН. Особенности рабочего процесса грейдера, при проведении планировочных работ, позволяют при сокращении лишних проходов снизить затраты расходного материала.

На точность планировочных работ существенно влияют параметры поверхности грунта, по которому автогрейдер движется в процессе работы. Для отражения влияния микрорельефа на ЗТМ используются его математические модели. Для оценки влияния микрорельефа на изменения положения рабочего оборудования (РО) с достаточной точностью микрорельеф можно описывать двумя функциями микропрофиля по левой и правой колеям автогрейдера, а поперечный уклон в произвольном сечении – оценивать по вертикальным координатам левой и правой колеям. Большинство грунтовых поверхностей, обрабатываемых автогрейдером, имеет корреляционные функции, которые могут описываться выражениями [5]

$$R(x) = \sigma^2 \cdot e^{-\alpha \cdot x}; \quad (1)$$

$$R(x) = \sigma^2 \cdot e^{-\alpha \cdot x} \cos(\beta \cdot x), \quad (2)$$

где  $\sigma^2$  – среднеквадратическое отклонение исходного микрорельефа;  $\alpha$ ,  $\beta$  – коэффициенты затухания и периодичности корреляционных функций, зависящие от типа профиля;  $x$  – путевая координата.

**Цель и постановка задачи**

Целью исследования является сопоставление планирующей способности автогрейдера и многоотвального прицепного грейдера. В качестве базового принят автогрейдер ГС 18.01 с колесной формулой 1×2×3.

**Результаты исследований**

Решение поставленной задачи требует составления уравнений геометрических связей автогрейдера, рассмотрения перемещения рабочего оборудования при различных возмущающих воздействиях со стороны микрорельефа обрабатываемой поверхности (рис. 3, 4).

На основе приведенной выше математической модели можно смоделировать микрорельеф грунта с заданными характеристиками.

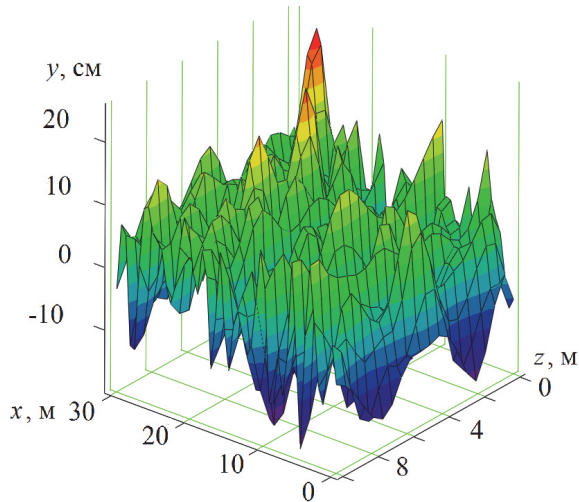


Рис. 3. Фрагмент реализации микрорельефа грунта

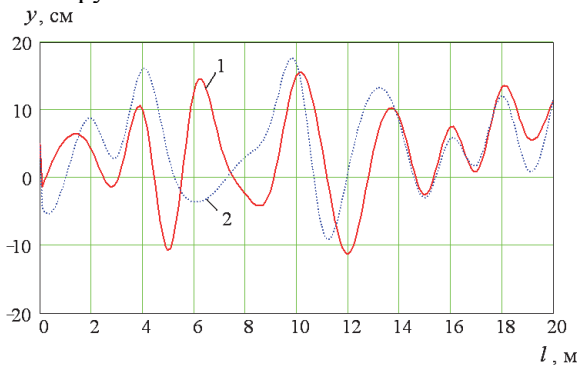


Рис. 4. Фрагмент реализации микрорельефа по левой (1) и правой (2) колее

При составлении расчетной схемы (рис. 5) были приняты следующие допущения: автогрейдер является пространственным многозвенником; конструктивные элементы авто-

грейдера абсолютно жесткие; элементы ходового оборудования имеют постоянный контакт с грунтом и в процессе работы считается абсолютно жесткими; в процессе копания перестановка элементов рабочего оборудования не производится, углы выноса тяговой рамы и поворота отвала не меняются. Положение в пространстве РО целесообразно определять по координате его центральной точки  $y$  и углу перекоса  $\varphi$ .

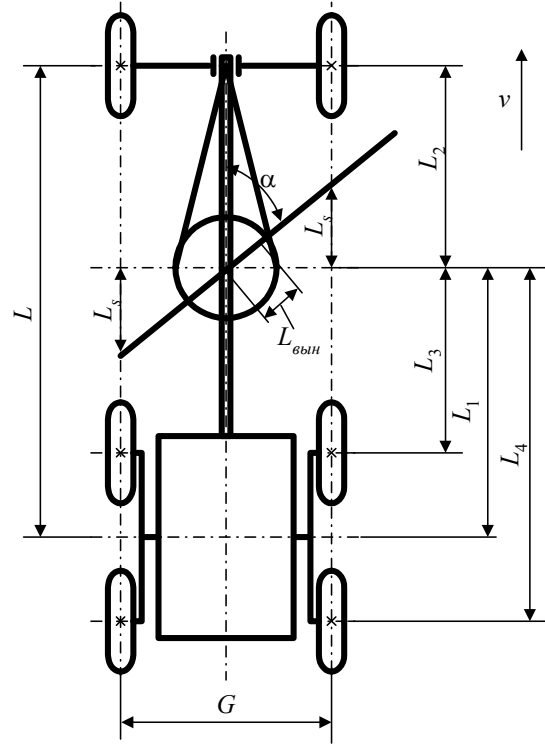


Рис. 5. Геометрические параметры автогрейдера

$$\begin{aligned}
 y_1 &= \frac{y_{1П} - y_{1Л}}{2} + y_{1П}; & y_2 &= \frac{y_{2П} - y_{2Л}}{2} + y_{2П}; \\
 y_{ПБ} &= \frac{y_{2П} - y_{3П}}{2} + y_{3П}; & & \\
 y_{ЛБ} &= \frac{y_{2Л} - y_{3Л}}{2} + y_{3Л}; & & \\
 y &= \frac{y_1 - y_2}{L} \cdot L_3 + y_2; & \text{tg} \varphi &= \frac{y_{ЛБ} - y_{ПБ}}{G},
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

где  $y_{1П}, y_{2П}, y_{3П}, y_{1Л}, y_{2Л}, y_{3Л}$  – соответственно вертикальные координаты грунта в условных точках контакта первых, вторых и третьих правых и левых колес автогрейдера;  $y_{ПБ}, y_{ЛБ}$  – условные вертикальные координаты правого и левого балансиров;  $y_1$  и  $y_2$  – условные вертикальные координаты центра передней и задней осей.

Ордината любой точки кромки отвала в зависимости от угла установки отвала в плане  $\alpha$

$$y_{\text{отв}} = y - \frac{L_{\text{вын}}}{\cos(\alpha)} \cdot \text{tg}(\varphi). \quad (4)$$

При перемещении автогрейдер колесами балансирующей тележки обычно движется по обработанному грунту.

Для реализации численных значений вертикальных координат анализируемого микро-рельефа с заданными параметрами корреляционной функции использовалась программа Mathcad. Входными параметрами являются коэффициенты затухания  $\alpha$  и периодичности  $\beta$  корреляционной функции, среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  микро-рельефа моделируемого грунта, а выходными параметрами – вертикальные координаты точек режущей кромки РО  $y_{\text{отв}}$ , которые фактически являются вертикальными координатами формируемого микро-рельефа (рис. 6).

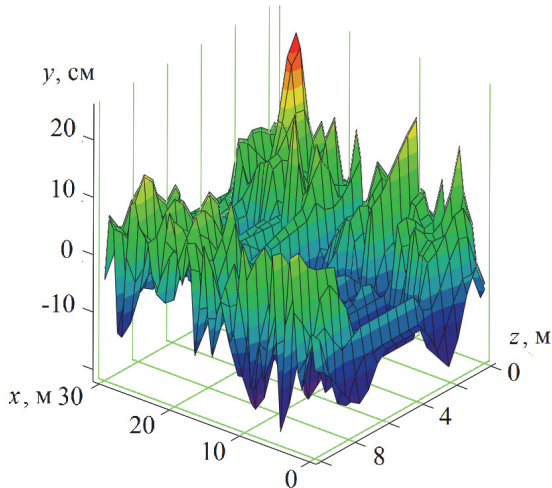


Рис. 6. Фрагмент микро-рельефа грунта после первого прохода автогрейдера ( $z = 5,0$  м)

Численные результаты расчетов коэффициентов сглаживания  $k_\gamma$  представлены на рис. 7, 8.

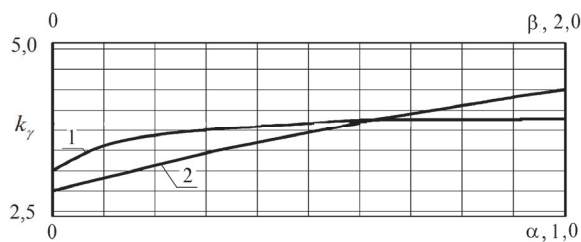


Рис. 7. Зависимости  $k_\gamma$  от параметров корреляционных функций микропрофиля: 1 – от  $\alpha$ ; 2 – от  $\beta$

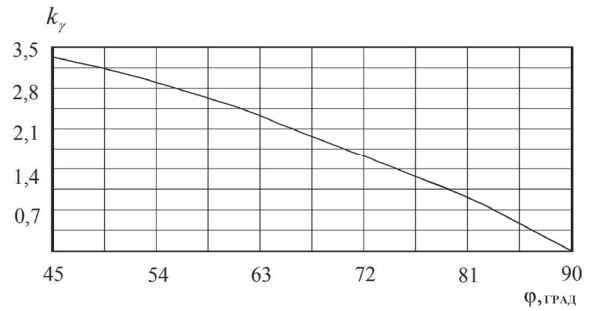


Рис. 8. Зависимость  $k_\gamma$  от угла захвата  $\varphi$

Для обеспечения требуемой точности  $\sigma_K$  формируемой поверхности, неровность которой характеризуется  $\sigma_H$ , необходимо произвести расчет числа проходов  $n_{\text{пл}}$  (рис. 9). Автогрейдер, планирующие свойства которого характеризуются  $k_y$  и  $k_\gamma$ , должен совершить по обрабатываемому участку число проходов, равное

$$n_{\text{пл}y} = \frac{\lg(\sigma_{Hy} / \sigma_{Ky})}{\lg k_y}; \quad (5)$$

$$n_{\text{пл}\gamma} = \frac{\lg(\sigma_{H\gamma} / \sigma_{K\gamma})}{\lg k_\gamma}. \quad (6)$$

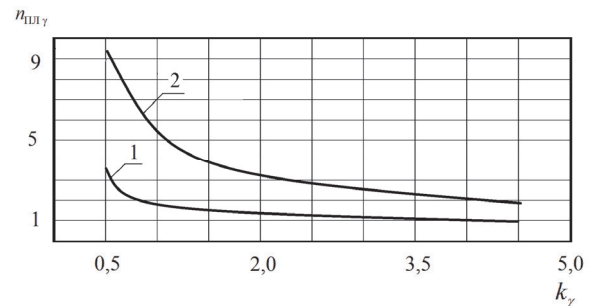


Рис. 9. Зависимости числа проходов  $n_{\text{пл}\gamma}$  от коэффициента сглаживания  $k_\gamma$ : 1 – грейдеры с многоотвальной системой; 2 – автогрейдер

### Выводы

Прицепные дорожные грейдеры, в сравнении с универсальностью автогрейдера, достаточно ограничены в применении. Однако на порядок меньшая стоимость, повышенная планировочная способность, за счет меньшего количества проходов, несомненно, делают эту машину привлекательной для небольших предприятий, которые сталкиваются с задачами обслуживания грунтовых и гравийных дорог.

## Литература

1. Универсальное навесное оборудование для тракторов и коммунальной техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tsk-spb.org>, свободный. – Загл. с экрана.
2. STARK TL 7400 – прицепной дорожный грейдер для профессионалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.lametal.fi/ru/news\\_ru/](http://www.lametal.fi/ru/news_ru/).
3. Беляев Н.В. Анализ влияния параметров ходового оборудования автогрейдера на его планирующую способность / Н.В. Беляев // Материалы 62-й научно-технической конференции СибАДИ. – 2008. – Кн. 1. – С. 40–45.
4. Денисов В.П. Оценка качества выполняемых автогрейдером профилировочных работ / В.П. Денисов, В.А. Мещеряков // Машины и процессы в строительстве: сб. науч. тр. – 2000. – № 3. – С. 130–134.
5. Вольская Н.С. Влияние грунтовой поверхности и параметров многоосных колесных машин на критерии эффективности при криволинейном движении / Н.С. Вольская // Машиностроение и инженерное образование. – 2008. – № 2. – С. 18–26.

Рецензент: И.Г. Кириченко, профессор,  
д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 12 мая 2014 г.

---

---