

Технологии и средства механизации

УДК 502/504:631.311.5

Ю. Г. РЕВИН

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Московский государственный университет природообустройства»

ПРОЦЕСС ВЫРАВНИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ РИСОВОГО ЧЕКА МЕЛИОРАТИВНЫМ ПЛАНИРОВЩИКОМ. АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

Предлагается алгоритм преобразования исходной случайной поверхности (поверхности до планировки) при воздействии на нее амплитудно-частотной характеристики планировщика как диагональной матрицы.

Спектральная плотность поверхности, амплитудно-частотная характеристика планировщика, дисперсия неровностей поверхности.

There is proposed an algorithm of transformation of the initial random surface (the surface before leveling) under the action of the amplitude-frequency characteristics of the leveler as a diagonal matrix.

The surface spectral density, amplitude-frequency characteristics of the leveler, dispersion of the surface roughness.

В статье предлагается оценивать эффективность работы мелиоративного планировщика на основе использования в качестве исходной информации поверхность рисового чека в виде прямоугольной матрицы, элементами которой являются относительные высотные отклонения неровностей от нулевой плоскости.

Поверхности рисовых чеков характеризуются значительными неровностями, которые по общепринятой классификации можно отнести к микронеровностям.

В качестве примера примем поверхность рисового чека, относительные высотные отметки которого получены

при его нивелировании по квадратам 20×20 м². На рис. 1 представлена модель поверхности, используемой при дальнейшем анализе, в виде двумерной числовой матрицы A [1]. По горизонтальной и вертикальной координатам отложены номера квадратной сетки.

Предварительный анализ характера неровностей, представленных матрицей A , дает возможность сделать общий вывод о том, что значения неровностей в значительной степени разнятся по величине и случайным образом распределены по массиву матрицы, а значит и по поверхности чека [2, 3].

$$A = \begin{pmatrix} -2.5 & -8.9 & -4.4 & -5.9 & -8.9 & -7.1 & -9.1 & -7.9 \\ 5.1 & 5.1 & 9.6 & 5.6 & 1.1 & 0.1 & -0.9 & 0 \\ 0.6 & 4.1 & 5.6 & 5.1 & 5.1 & 2.6 & 2.6 & 2.6 \\ -5.1 & -5.1 & -6.5 & -6.1 & -1.5 & -2.4 & -2.9 & 2.0 \\ -6.4 & -9.9 & -2.1 & 0.1 & 1.1 & 9.1 & 5.1 & 5.1 \\ -5.1 & -4.1 & 5.1 & 1.4 & 5.1 & 5.1 & 9.1 & 7.1 \\ -5.1 & 2.9 & -2.9 & -2.9 & -1.9 & -2.9 & 5.1 & -1.1 \\ 1.4 & 2.6 & 2.1 & -2.4 & 2.6 & 6.6 & -2.9 & 7.6 \\ 9.6 & 1.4 & 4.6 & 9.1 & 4.6 & 2.6 & 6.6 & 1.6 \\ 2.1 & 2.1 & 2.6 & -1.4 & -2.9 & -2.9 & -2.9 & -2.4 \\ -9.4 & -9.4 & 2.6 & -6.9 & 2.6 & 2.6 & 2.1 & 1.1 \end{pmatrix}$$

Рис. 1. Двумерная матрица поверхности

Используя в дальнейшем основные положения теории случайных функций, можно представить выравниваемую поверхность как случайную поверхность. Наиболее полные данные о параметрах микронеровностей можно получить при помощи спектральной плотности поверхности. На рис. 2 представлены такая матрица S и построенная по ее данным спектральная поверхность.

$$S1 = \begin{pmatrix} 1.442 & 0.879 & 0.684 & 0.657 & 0.704 & 0.727 \\ 1.78 & 1.066 & 0.805 & 0.722 & 0.798 & 0.892 \\ 2.577 & 1.223 & 0.948 & 0.896 & 0.942 & 0.986 \\ 1.334 & 0.74 & 0.618 & 0.53 & 0.618 & 0.619 \\ 2.224 & 1.03 & 0.824 & 0.81 & 0.833 & 0.825 \\ 1.668 & 1.036 & 0.826 & 0.695 & 0.802 & 0.896 \\ 1.504 & 0.897 & 0.673 & 0.651 & 0.691 & 0.734 \\ 1.783 & 1.031 & 0.739 & 0.703 & 0.746 & 0.836 \\ 2.218 & 1.184 & 0.925 & 0.812 & 0.902 & 0.989 \end{pmatrix}$$

а

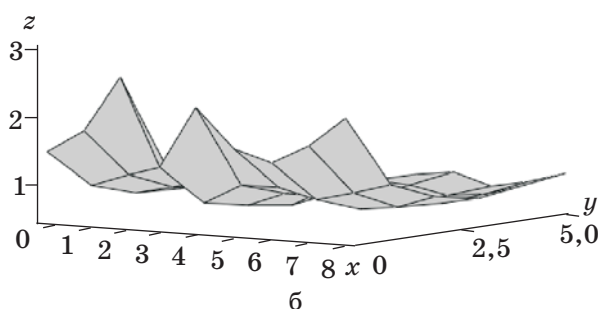


Рис. 2. Спектральная плотность исходной поверхности в виде двумерной матрицы (а) и трехмерной поверхности (б)

Процесс выравнивания поверхности рисового чека может быть описан следующей формулой:

$$S2 = SA^2, \quad (1)$$

где $S2$ – спектральная плотность выравниваемой поверхности в виде двумерной матрицы; S – спектральная плотность поверхности участка после одного прохода планировщика также в виде двумерной матрицы; A – амплитудно-частотная характеристика планировочной машины, представленная в виде квадратной диагональной матрицы.

Формула (1) предполагает, что при выравнивании поверхности используется технологическая схема движения планировочной машины, которая носит название петлевой. Использование этой схемы возможно в двух вариантах: при движении планировщика вдоль длинной стороны чека или вдоль его короткой стороны.

В зависимости от варианта движения формула (1) в каждом конкретном случае приобретает разный вид.

При движении вдоль длинной стороны имеем следующее:

$$S2 = S^T A1^2. \quad (2)$$

При движении вдоль короткой стороны чека спектральная плотность поверхности определяется по видоизмененной формуле:

$$S3 = SA2^2. \quad (3)$$

В формулах (2) и (3) диагональная матрица $A1$ равна размеру длинной стороны планируемого участка, а матрица $A2$ соответствует размеру короткой стороны.

Для конкретного расчета был использован планировщик марки ПАУ-1. Общий вид этого планировщика показан на рис. 3.

Передаточная функция для такой машины может быть представлена следующей формулой:

$$\Pi(s) = \frac{\Pi_T(s)\Pi_{пл}(s)}{1 + \Pi A(s)}, \quad (4)$$

где $\Pi_T(s)$ – передаточная функция колесного трактора К-701; $\Pi_{пл}(s)$ – передаточная функция собственно планировщика; $\Pi A(s)$ – передаточная функция лазерной системы автоматического регулирования рабочим органом планировщика по высоте.

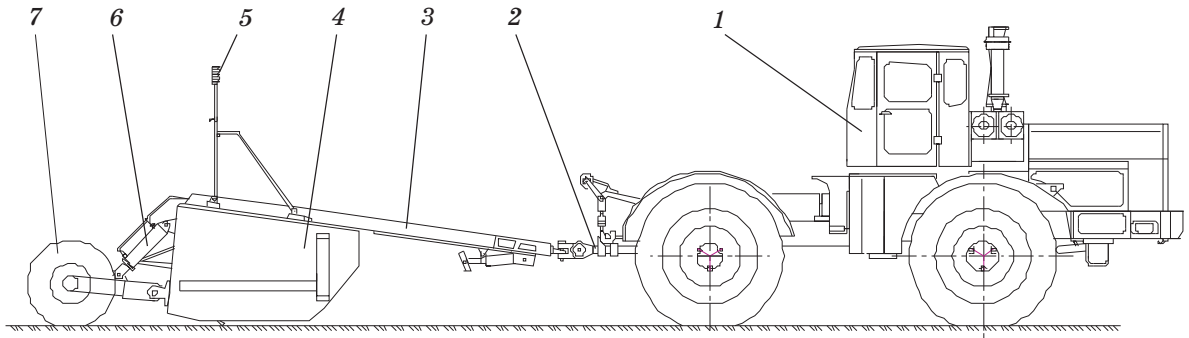


Рис. 3. Общий вид полуприцепного планировщика ПАУ-1 с лазерной системой управления: 1 – базовая машина (трактор типа К-701); 2 – прицепная система; 3 – тяговая рама планировщика; 4 – рабочий орган планировщика; 5 – датчик лазерной системы; 6 – гидроцилиндры управления положением рабочего органа по высоте; 7 – задние опорные колеса планировщика

Амплитудно-частотная характеристика планировщика может быть определена по формуле

$$A(\omega) = \Pi |i\omega|. \quad (5)$$

Для пересчета функции $A(\omega)$ в матрицу-строку A использовано соотношение

$$\omega(j) = \frac{2\pi\omega}{\Delta}, \quad (6)$$

где Δ – шаг квадратной сетки, в соответствии с которой была произведена высотная съемка поверхности рисового чека ($\Delta = 20$ м).

В качестве примера результата выравнивания рисового чека в соответствии с формулой (1) на рис. 4 приведена матрица $S2$ спектральной плотности выровненной поверхности при реализации «движения» планировочной машины по петлевой схеме вдоль длинной стороны участка.

Результаты выравнивания поверхности выглядят следующим образом:

дисперсия неровностей уменьшилась – вместо $D1 = 25,2 \text{ см}^2$ имеем $D2 = 2,05 \text{ см}^2$;

средняя амплитуда неровностей уменьшилась с $a1 = 7,1$ см до $a2 = 2,0$ см;

график спектральной плотности изменился не только в количественном отношении, но и по структуре.

В составе неровностей исходной поверхности присутствуют неровности разной длины. На неровности длиной около 60 м приходится около 33 % общей дисперсии, на неровности

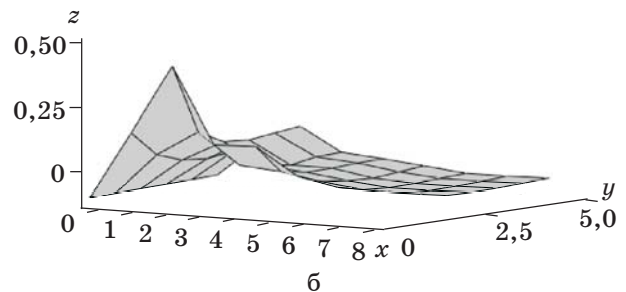
$$S2 = \begin{pmatrix} 1.268 & 0.938 & 0.842 & 0.81 & 0.834 & 0.874 \\ 1.798 & 1.241 & 0.903 & 0.968 & 0.92 & 1.061 \\ 1.779 & 1.129 & 0.825 & 0.757 & 0.814 & 0.953 \\ 1.051 & 0.786 & 0.646 & 0.612 & 0.631 & 0.719 \\ 1.518 & 1.018 & 0.757 & 0.712 & 0.742 & 0.882 \\ 1.672 & 1.264 & 0.891 & 0.938 & 0.91 & 1.081 \\ 1.331 & 0.94 & 0.829 & 0.843 & 0.827 & 0.868 \\ 1.696 & 1.089 & 0.861 & 0.938 & 0.872 & 0.951 \\ 1.731 & 1.162 & 0.849 & 0.809 & 0.852 & 0.983 \end{pmatrix}$$


Рис. 4. Матрица спектральной плотности выровненной поверхности после одного прохода планировщика в соответствии с загонной схемой его движения вдоль длинной стороны (а) и трехмерный график (б)

длиной около 40 м – 24 %, неровности длиной около 20 м занимают примерно 26 %. Эти данные присущи неровностям вдоль длинной стороны чека. В направлении короткой стороны чека неровности в основном длинные – около 250 м.

Что касается выровненной поверхности, то в ее составе присутствуют в основном 60-метровые неровности (около 85 %).

Для рассматриваемого конкретного чека в распоряжении автора имеются результаты выравнивания поверхности, полученные В. А. Панкратовым [1]. Эти данные таковы: после планировки рисового чека с использованием планировщика ПАУ-1 дисперсия неровностей выровненного чека составляет $1,5 \text{ см}^2$, а средняя амплитуда неровностей – $1,7 \text{ см}$. Приведенные цифры свидетельствуют о вполне приемлемом соответствии теории и практики.

Выводы

Предлагаемая компьютерная модель процесса выравнивания поверхности рисовых чеков вполне работоспособна и может быть использована для целей совершенствования технологий и технических средств при выполнении работ при планировке сельскохозяйственных полей.

Конкретный результат, приведенный в настоящей статье, свидетельствует о необходимости обязательного пере-

крестного движения планировщика рабочих ходов.

1. **Панкратов В. А.** Совершенствование технологии планировки рисовых чеков землеройно-планировочными машинами с лазерными системами управления: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2005.

2. **Ревин Ю. Г., Антонов Е. В.** Характеристики микронеровностей рисовых чеков и рекомендации по повышению эффективности планировочных работ / Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России: сб. науч. трудов. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2005. – С. 418–422.

3. **Ревин Ю. Г.** Статистическая модель поверхности рисового чека // Природообустройство. – № 3. – 2010. – С. 92–97.

Материал поступил в редакцию 01.11.10.

Ревин Юрий Григорьевич, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Мелиоративные и строительные машины»
Тел. 8 (499) 976-22-15

E-mail: jrevin@km.ru