

## Расчётные допустимые неровности путевой структуры из условия обеспечения необходимой комфортности движения

Динамические расчёты сложны и трудоёмки. Для грубой оценки допустимых неровностей путевой структуры (строительных, динамических, от деформации пролёта и д.р.) из условия обеспечения необходимой комфортности движения предложены графические зависимости. Они связывают между собой допускаемые неровности различных участков путевой структуры с расстоянием между неровностями (условной длиной пролёта), ходом подвески юнибуса (характеристикой жёсткости подрессоренных масс) и горизонтальной скоростью движения юнибуса. Все эти исходные параметры показаны на рис. 1.

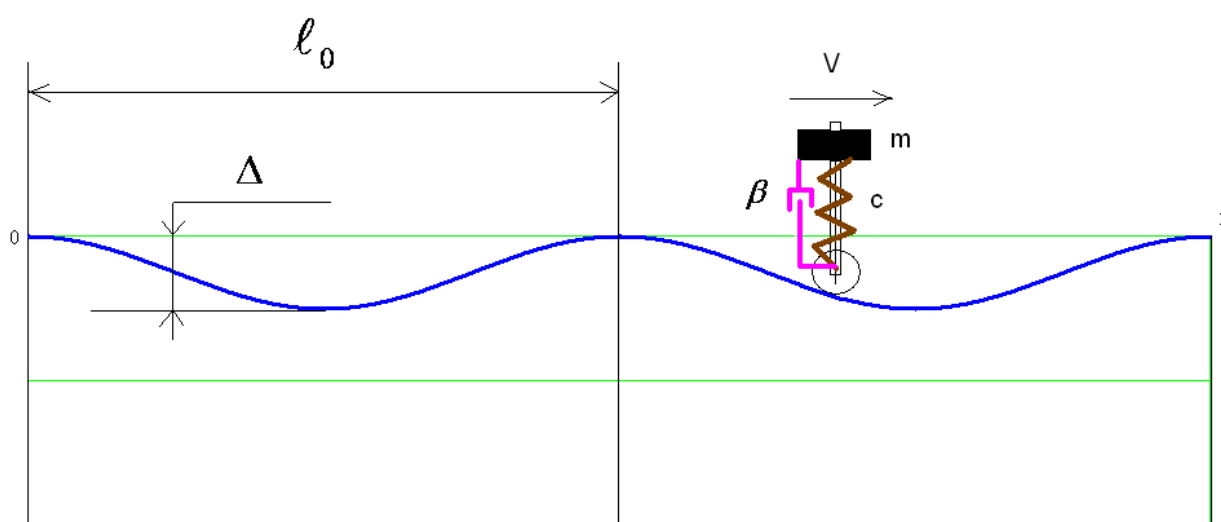


Рис.1. Схема для расчёта допустимых неровностей жёсткой путевой структуры

- 1)  $\Delta$  — размах неровности жёсткой путевой структуры;
- 2)  $\ell_0$  — расстояние между неровностями (условная длина пролёта);
- 3)  $V$  — скорость движения юнибуса;
- 4) Характеристика жёсткости подрессоренных масс предполагается линейной, коэффициент пропорциональности связан с ходом подвески зависимостью:

$$c = \frac{m \cdot g}{Hod}, \text{ где: } Hod - \text{ ход подвески};$$

- 5) Для силы вязкого сопротивления предполагается линейная зависимость от первой степени вертикальной скорости. Коэффициент демпфирования амортизатора  $\beta$  — постоянная величина. Величину его возьмём 25% от критического коэффициента демпфирования:

$$\beta_{кр} = 2 \cdot \sqrt{c \cdot m} = 2 \cdot \sqrt{\frac{m \cdot g \cdot m}{Hod}} = 2 \cdot m \cdot \sqrt{\frac{g}{Hod}}$$

(при критическом коэффициенте происходит апериодический процесс при свободных колебаниях подрессоренной массы):

$$\beta = 0,25 \cdot \beta_{кр} = \frac{m}{2} \cdot \sqrt{\frac{g}{Hod}}$$

При таком предположении  $\beta$  и  $c$  связаны через ход:

$$\frac{c}{\beta} = \frac{m \cdot g}{Hod} \cdot \frac{2}{m} \cdot \frac{\sqrt{Hod}}{\sqrt{g}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{g}{Hod}};$$

б) Уравнение профиля неровностей:  $Z(t) = -\frac{\Delta}{2} \cdot [1 - \cos(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{\ell_0})]$  ;

7) Графики оценки допустимых неровностей путевой структуры из условия обеспечения необходимой комфортности движения не учитывают участков резонансных скоростей, обусловленных изгибными колебаниями балки кузова и путевой структуры в целом. При проведении более сложных расчётов по исследованию динамического взаимодействия юнибуса с реальной путевой структурой, участки опасных резонансных скоростей движения должны быть определены;

8) Основным параметром оценки плавности хода юнибуса принят наиболее универсальный на сегодняшний день параметр, в частности, на ж/д транспорте комплексный параметр  $W$ , который учитывает как ускорения колебаний, так и их частоту. Плавность хода транспортного средства тем лучше, чем меньше величина показателя  $W$ .

В таб. 1 приведены рекомендуемые и предельные значения параметра  $W$ .

Таблица 1

Значения параметра $W$ , используемого для оценки плавности хода	
Очень хороший	2
Хороший	2 — 2,5
Достаточный для пассажирских вагонов	2,5 — 3
Предельный для пассажирских вагонов	3 — 3,25

Для оценки допустимых неровностей путевой структуры из условия обеспечения необходимой комфортности движения была принята величина  $W = 2,5$  как предельная.

На рис. 2 — 15 показаны граничные значения неровностей  $\Delta$  (для значения  $W=2,5$ ) для  $\ell_0 = 0,1; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 5; 10; 20; 30; 40; 50; 75; 100$  м,  $Hod = 10 — 1000$  мм и  $V = 15; 25; 50; 75; 100$  и  $125$  м/с. На некоторых рисунках графики имеют минимумы (провалы). Это резонансные зоны, величину резонансного хода подвески приближённо можно рассчитать по формуле:

$$Hod_{rez} \approx \frac{g \cdot \ell_0^2}{2 \cdot \pi \cdot V^2}, \text{ м}$$

На рис. 16 — 20 показаны зависимости граничных значений неровностей  $\Delta$  (для значения  $W = 2,5$ ) от условной длины пролёта  $\ell_0$  для значений  $Hod = 300; 200; 100; 50$  и  $25$  мм и  $V = 15; 25; 50; 75; 100$  и  $125$  м/с. Резонансные зоны теоретически две, первая от влияния опасных для организма человека частот  $5 — 8$  Гц. Вторая — резонанс движущейся массы. Эти резонансные зоны, условные длины пролёта  $\ell_0$ , приближённо можно рассчитать по формулам:

$$\ell_{0rez1} \approx \frac{V}{7}, \text{ м} \quad \text{и} \quad \ell_{0rez2} \approx 2 \cdot \pi \cdot V \cdot \sqrt{\frac{Hod}{g}}, \text{ м}$$

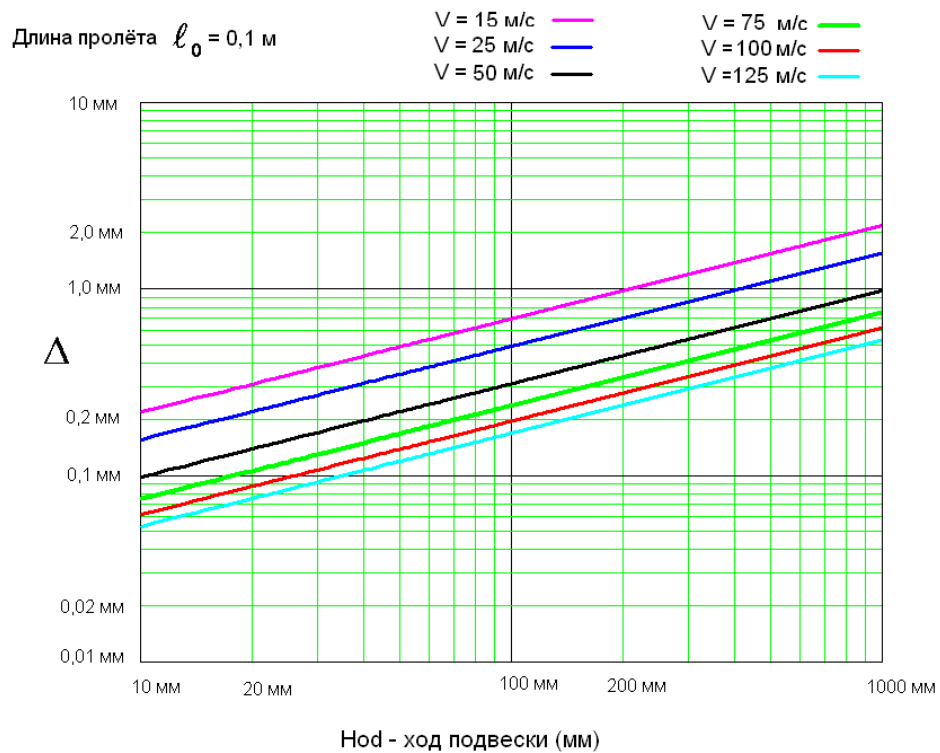


Рис.2. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 0,1$  м

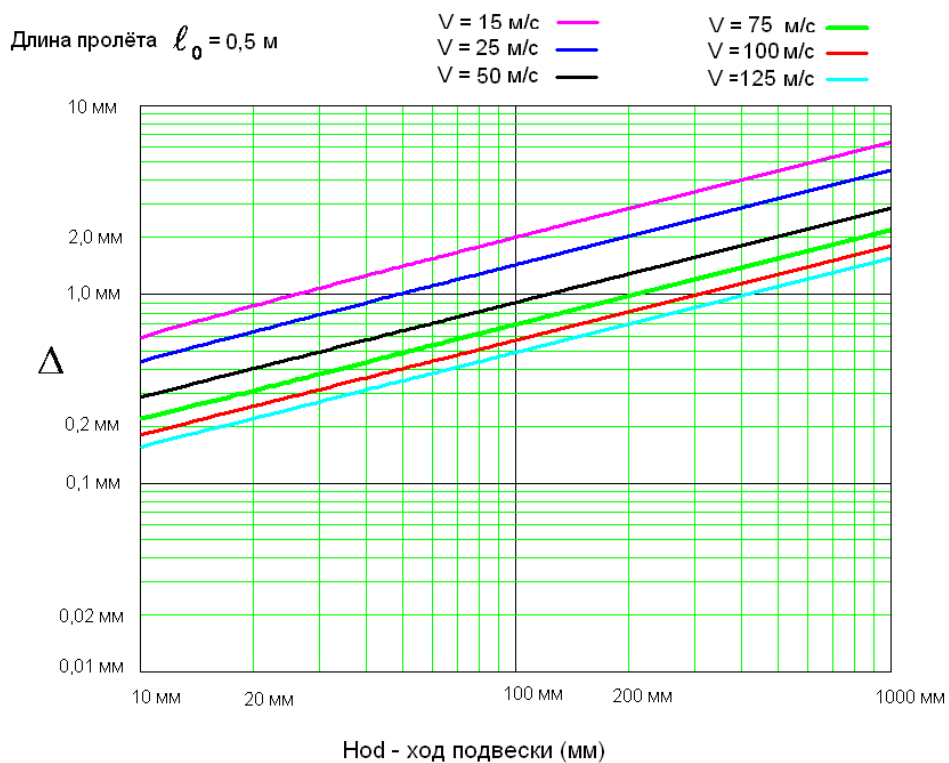


Рис. 3. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 0,5$  м

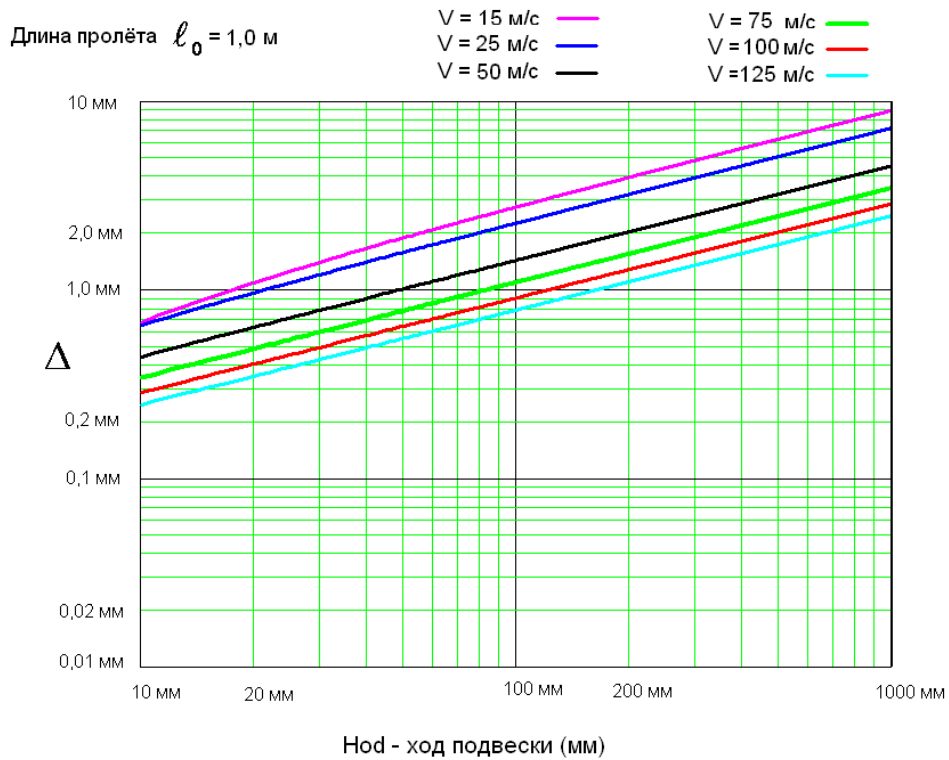


Рис.4. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 1,0$  м

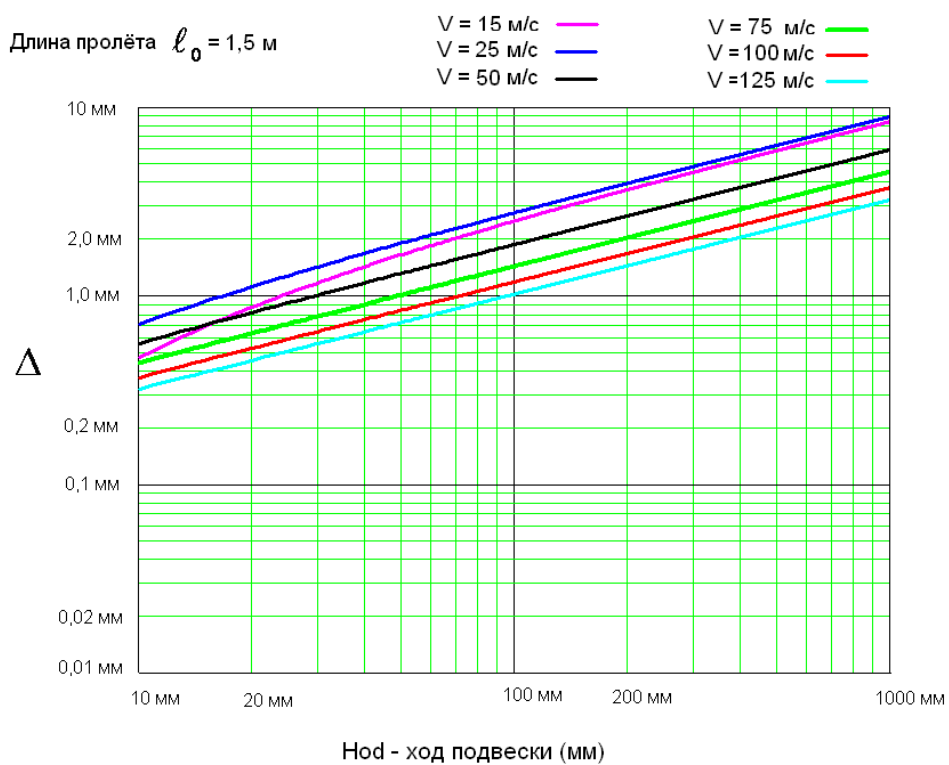


Рис.5. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 1,5$  м

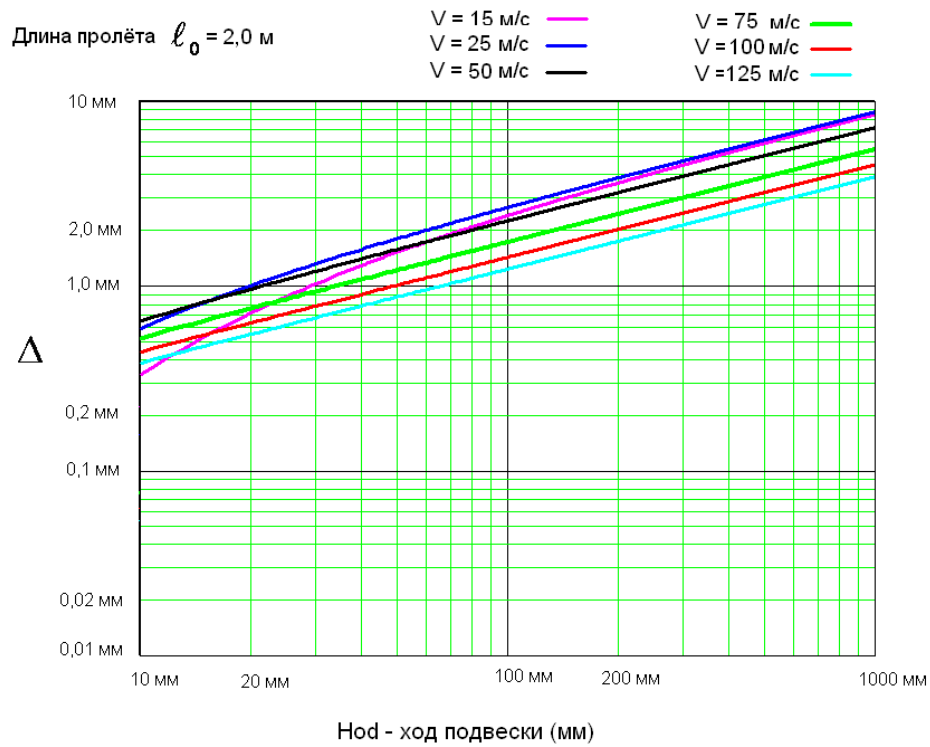


Рис.6. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 2,0$  м

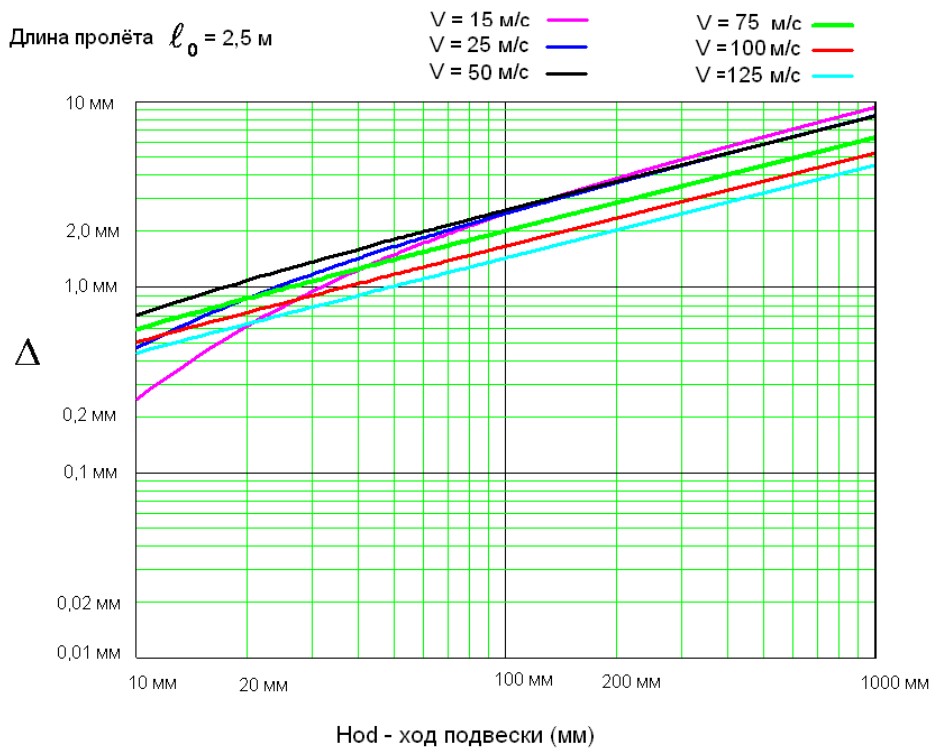


Рис.7. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 2,5$  м

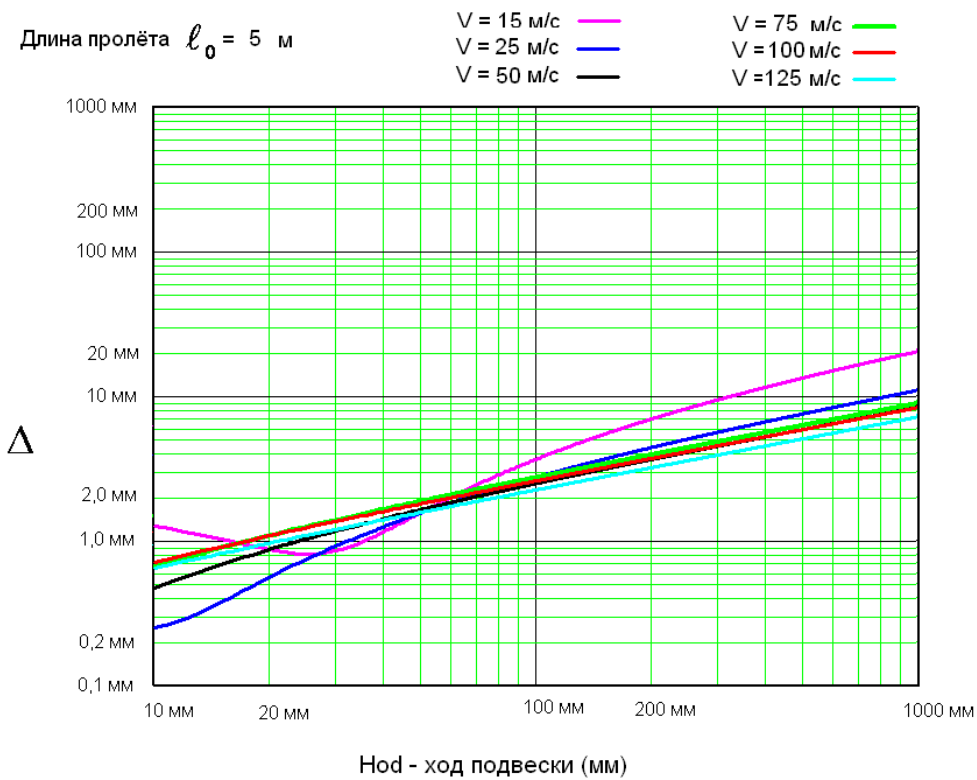


Рис.8. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 5$  м

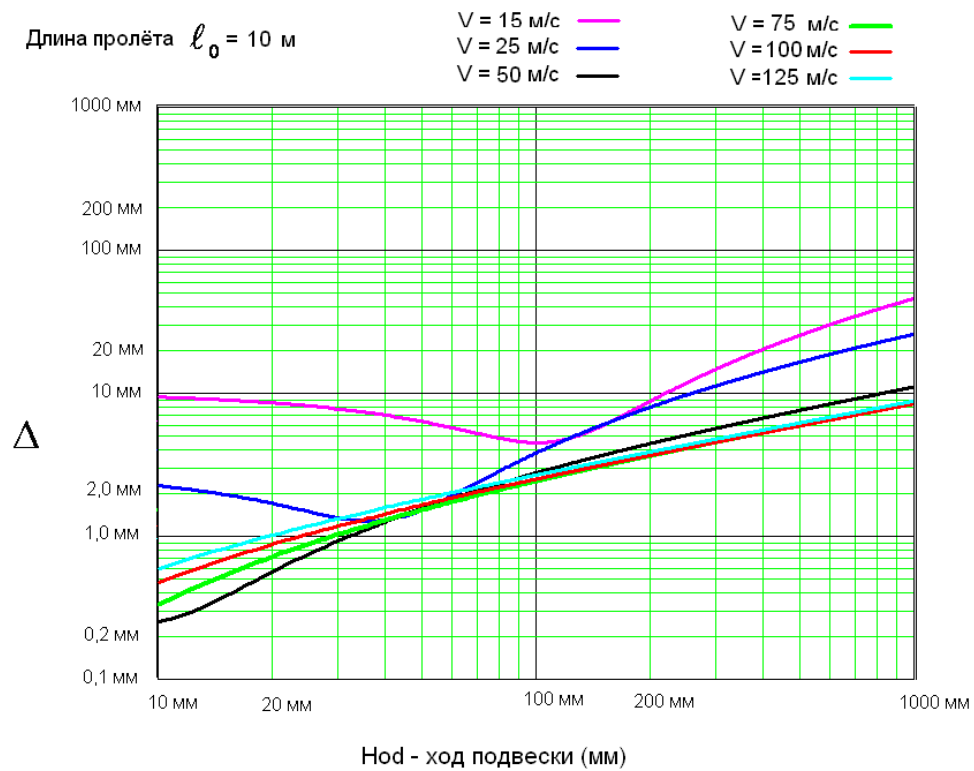


Рис.9. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 10$  м

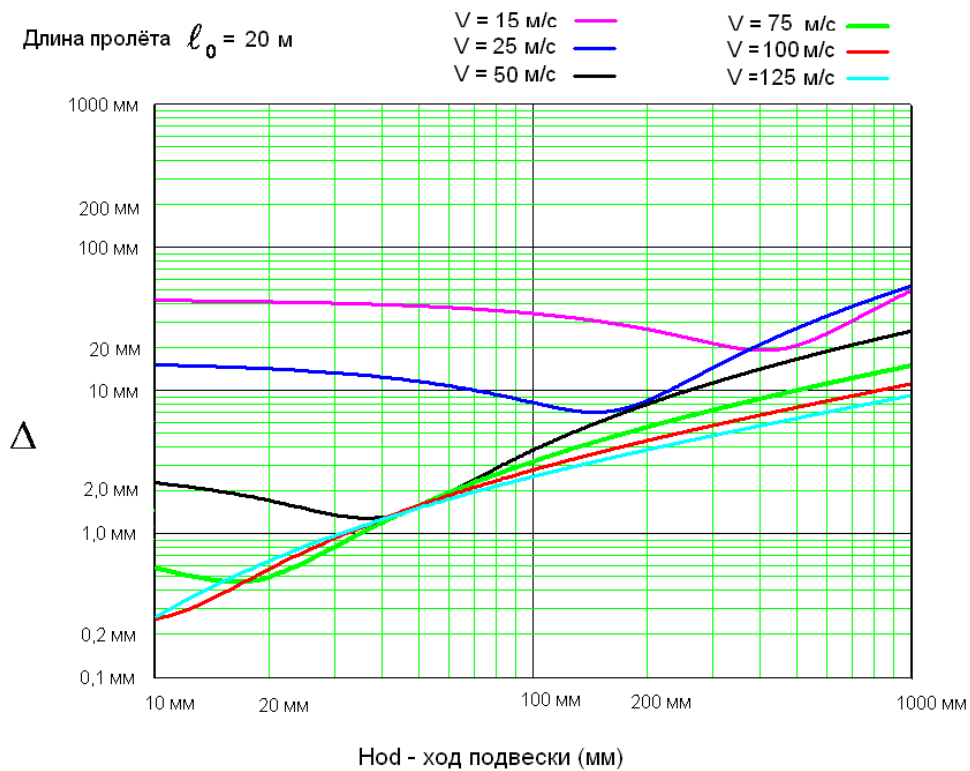


Рис.10. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 20$  м

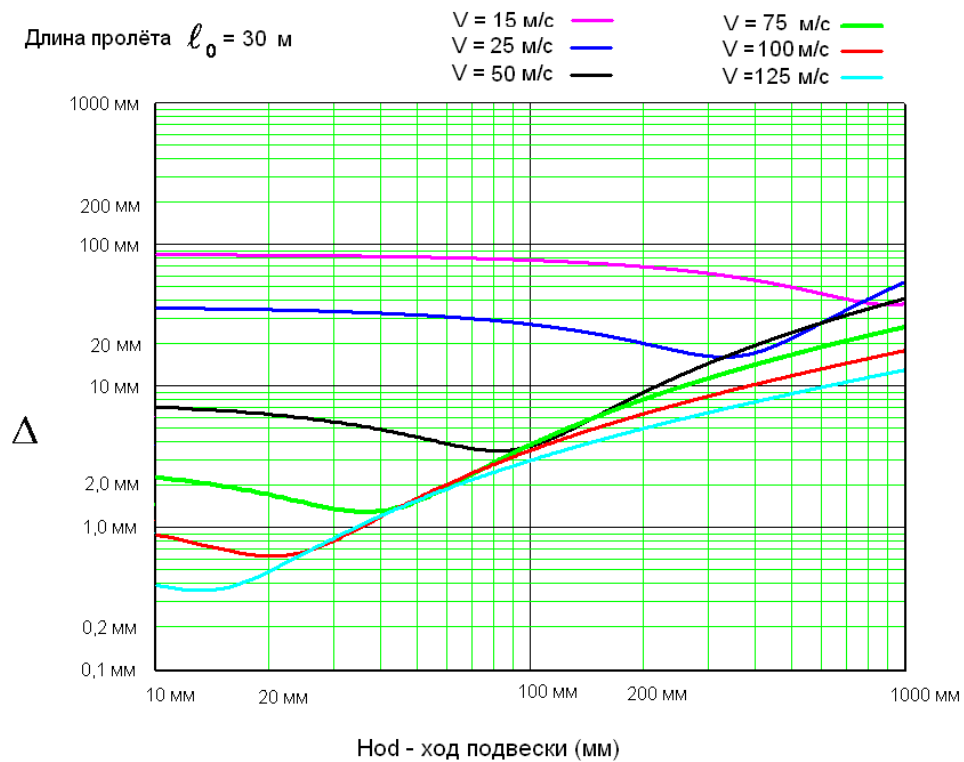


Рис.11. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 30$  м



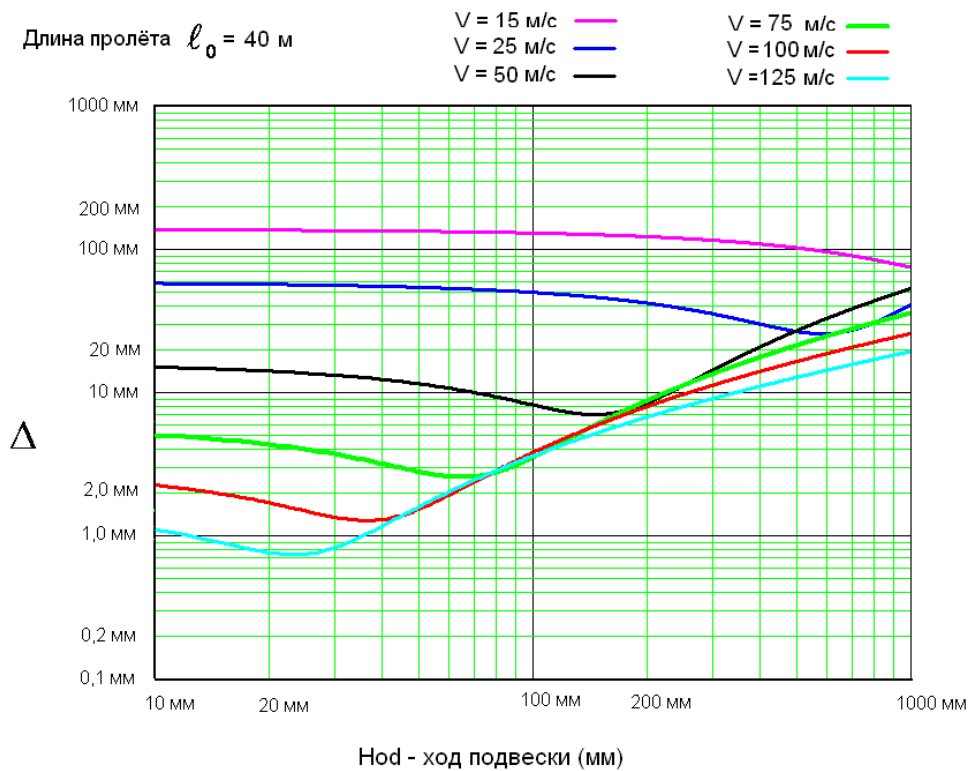


Рис.12. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 40$  м

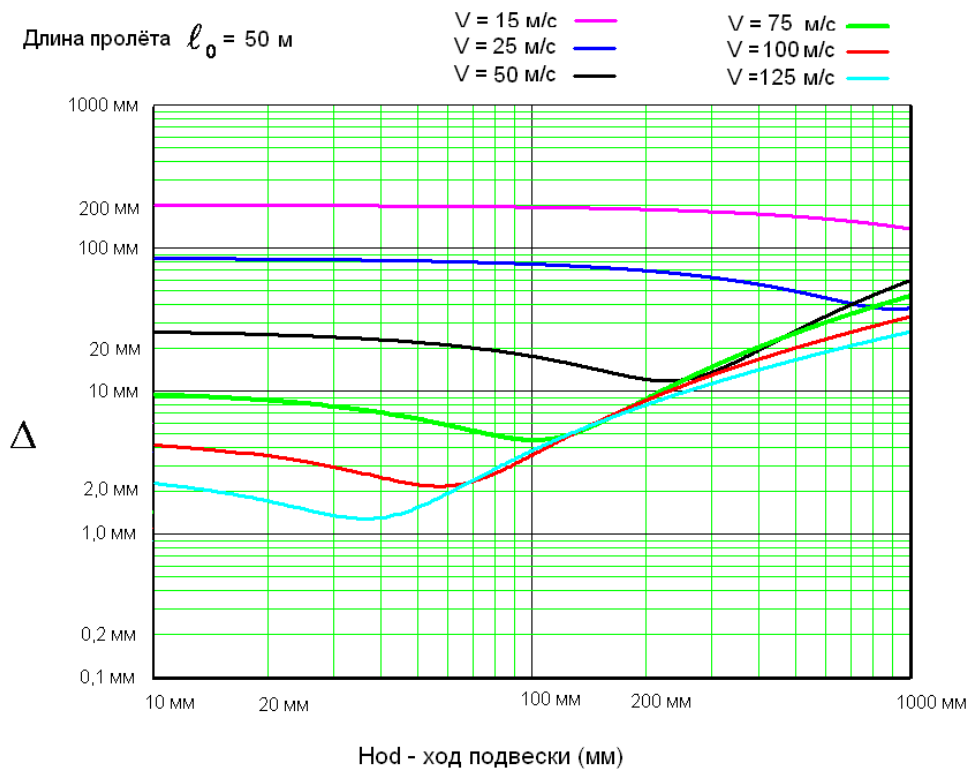


Рис.13. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 50$  м

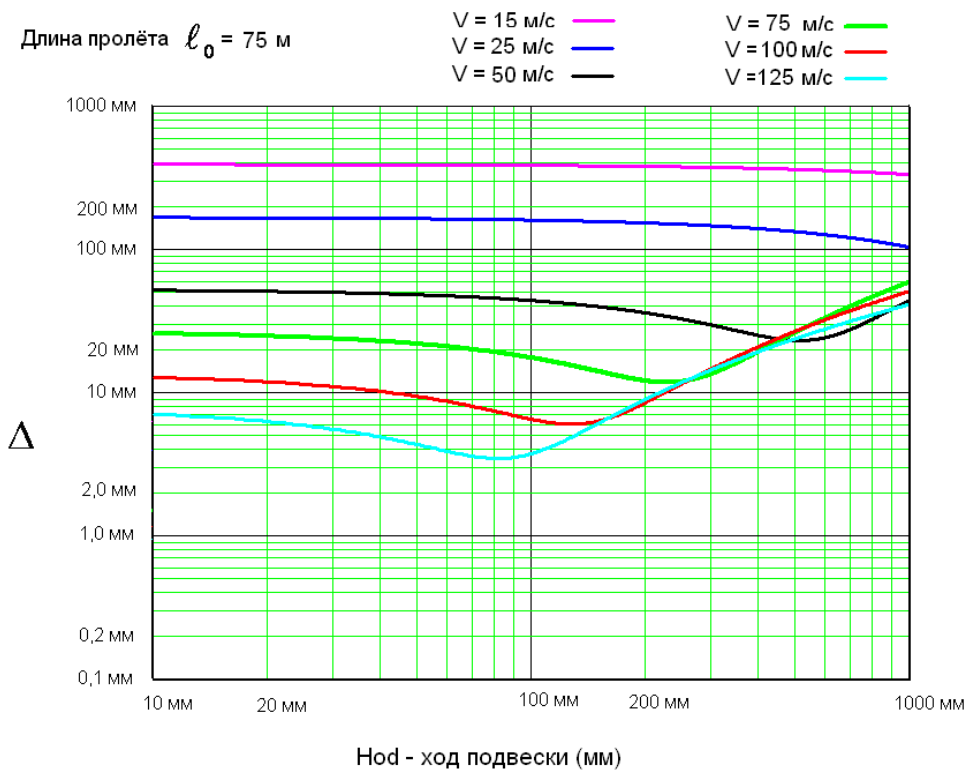


Рис.14. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 75$  м

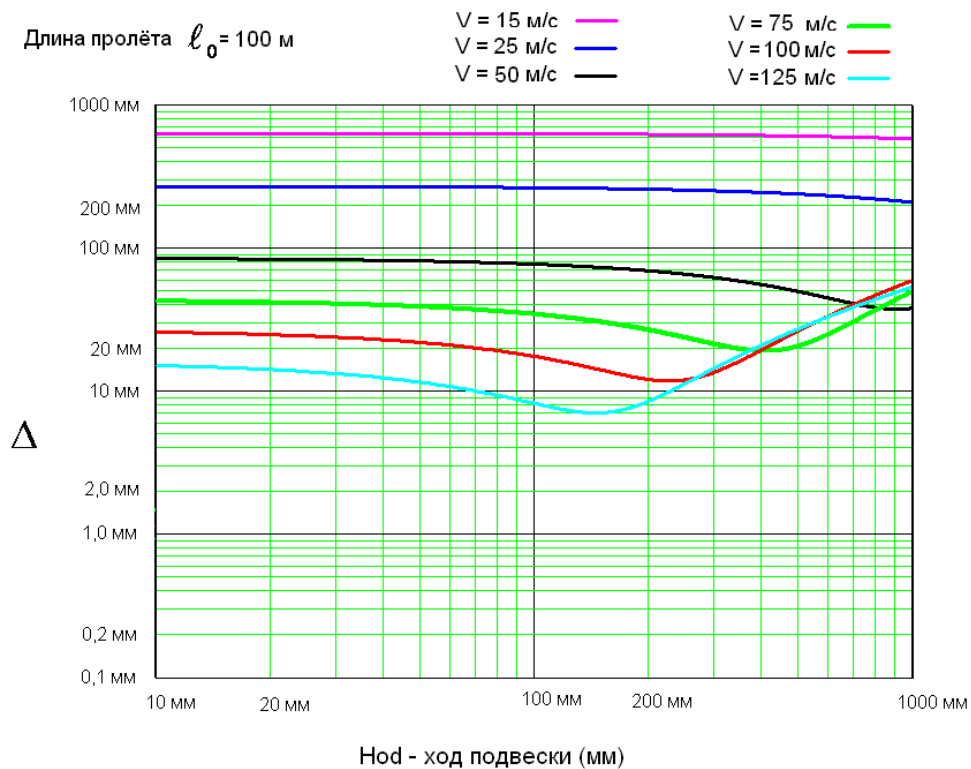


Рис.15. Граничные значения  $\Delta$  для  $\ell_0 = 100$  м

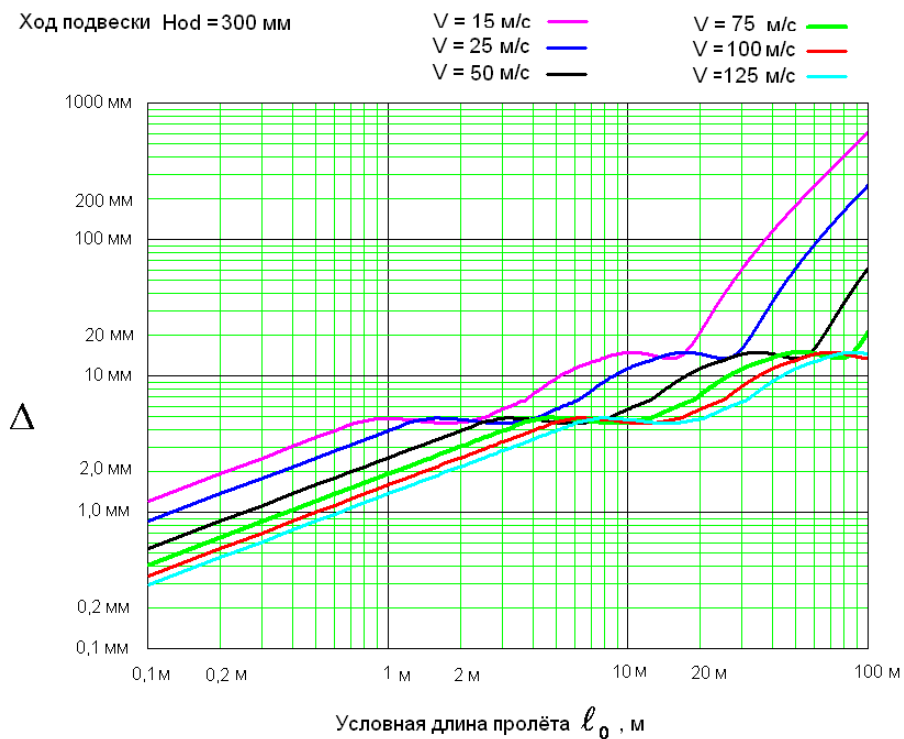


Рис.16. Зависимость граничных значений неровностей  $\Delta$  от условной длины пролёта  $\ell_0$  (для  $H_{од} = 300$  мм)

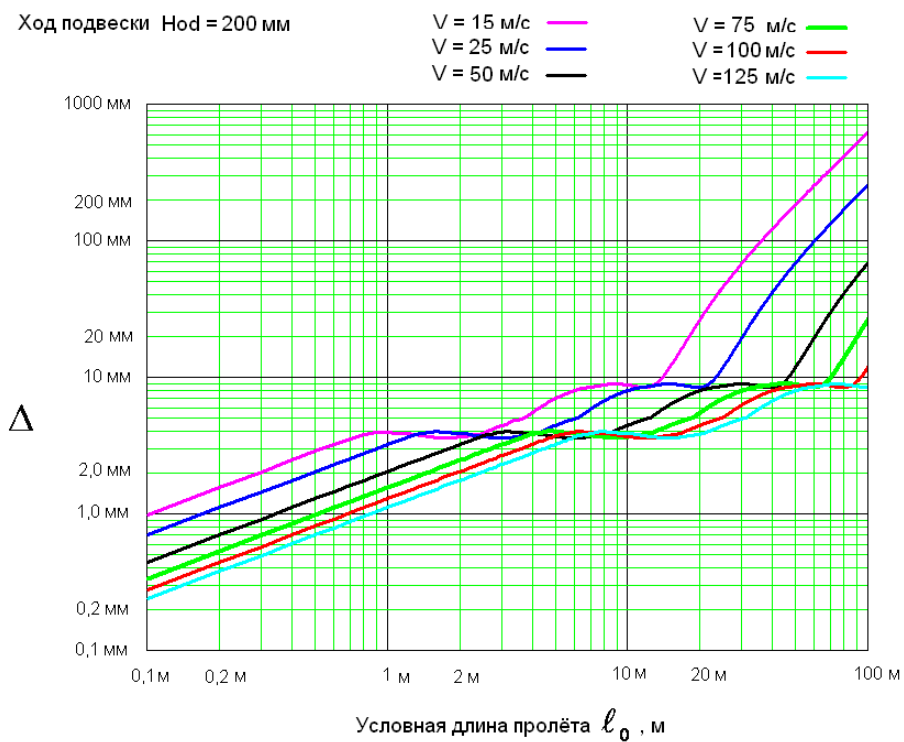


Рис.17. Зависимость граничных значений неровностей  $\Delta$  от условной длины пролёта  $\ell_0$  (для  $H_{од} = 200$  мм)

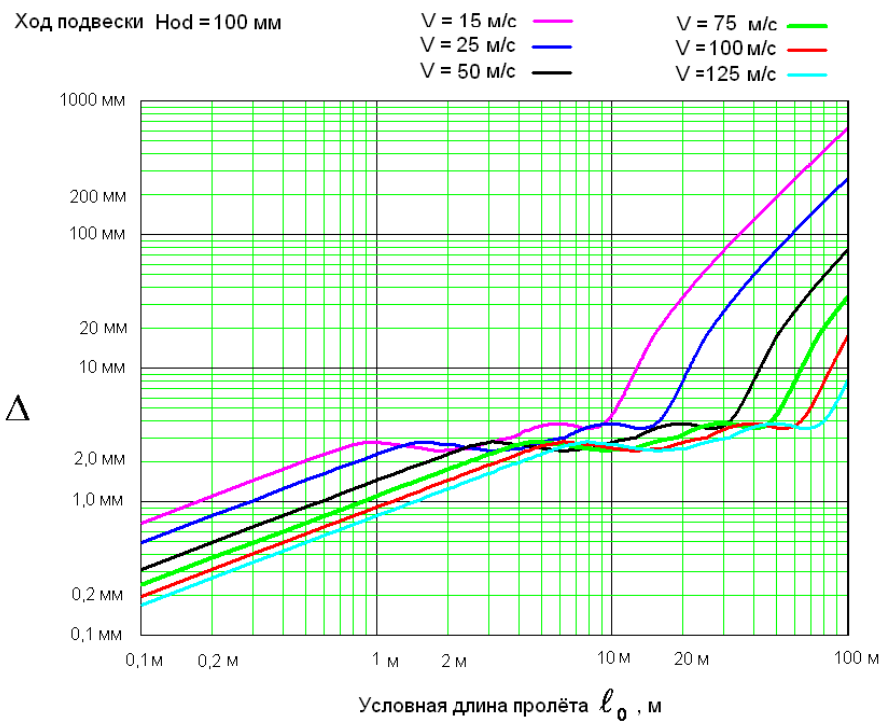


Рис.18. Зависимость граничных значений неровностей  $\Delta$  от условной длины пролёта  $\ell_0$  (для Hod = 100 мм)

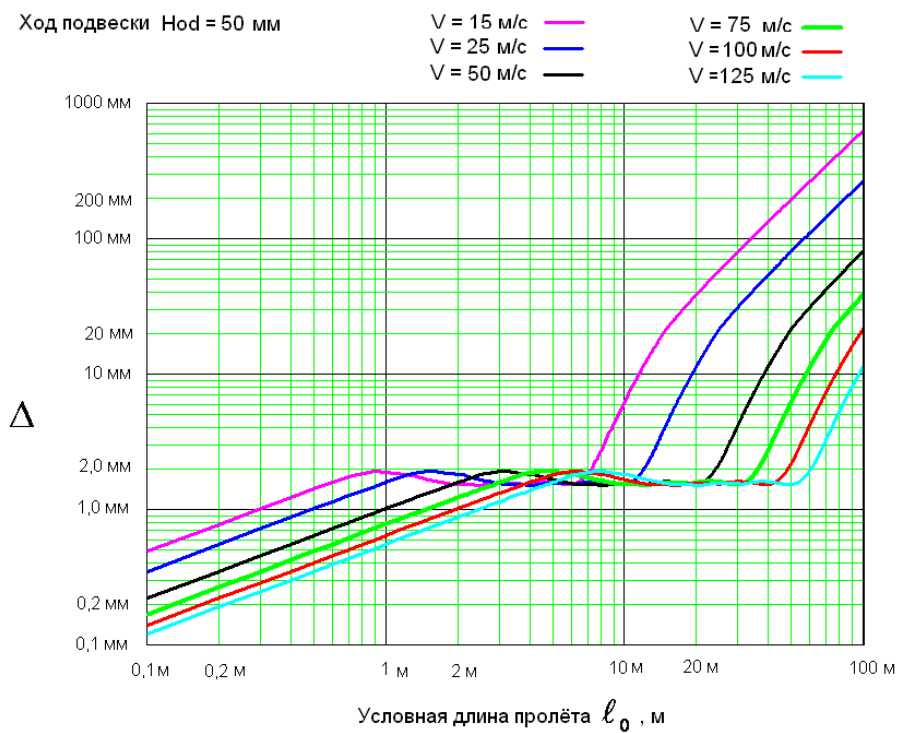


Рис.19. Зависимость граничных значений неровностей  $\Delta$  от условной длины пролёта  $\ell_0$  (для Hod = 50 мм)

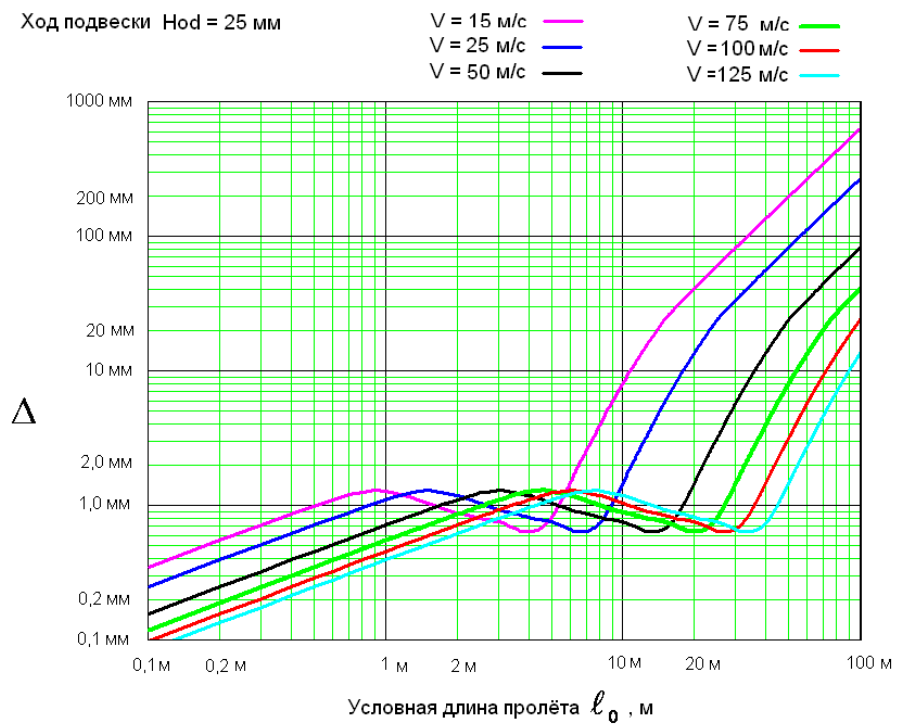


Рис.20. Зависимость граничных значений неровностей  $\Delta$  от условной длины пролёта  $\ell_0$   
(для  $H_{од} = 25 \text{ мм}$ )

А.Э. Юницкий, февраль 2009 г.