

КОЛЕБАНИЯ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ  
ЛИНИЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЕТРА

# УСТАЛОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

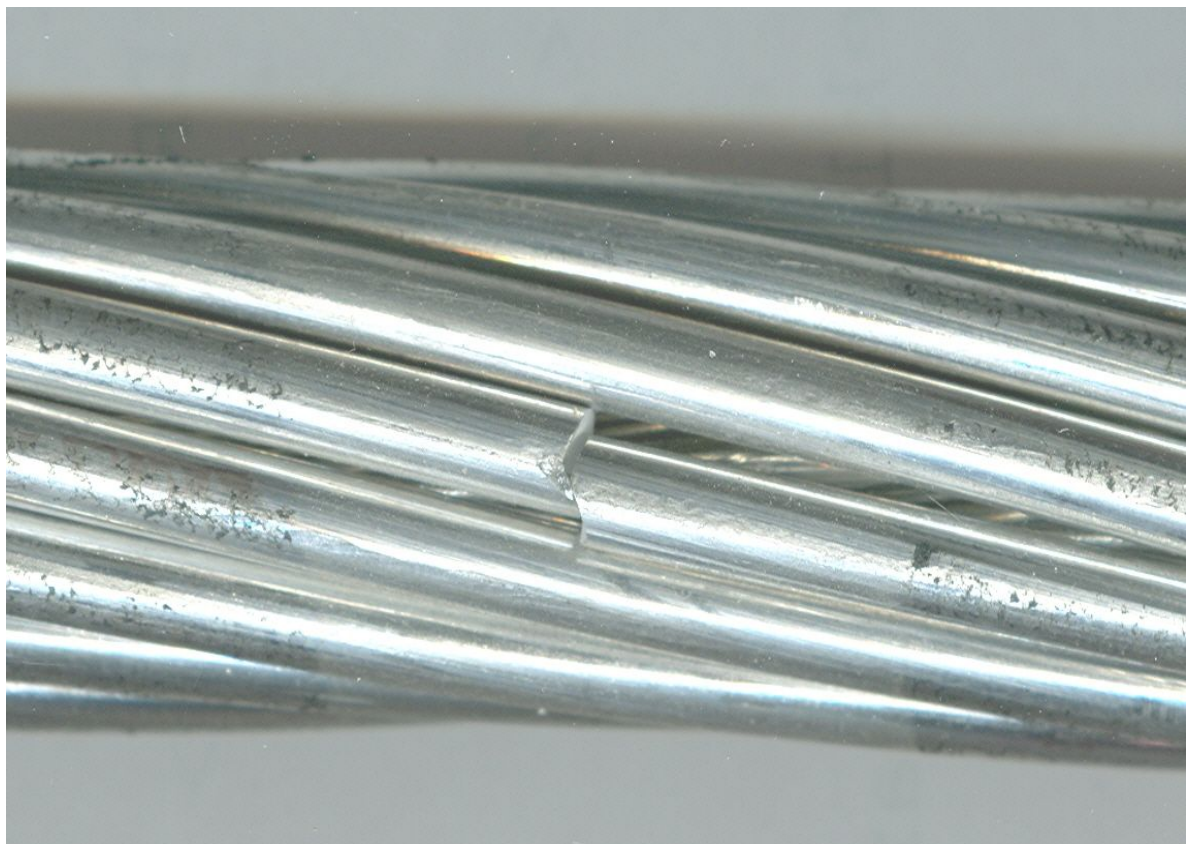
1. ВСТУПЛЕНИЕ
2. ВПЛИЯНИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ
3. РАННИЕ ПРИЗНАКИ
4. ДИНАМИКА РАЗРУШЕНИЯ

АВТОР МАТЕРИАЛА *Ч. РОУЛИНЗ*,  
ДОКЛАДЫВАЕТ *А. ВИНОГРАДОВ* (ЗАО ЭССП)

# Вступление

**ПОЯВЛЕНИЕ НА  
ПРОВОДЕ ИЗЛОМОВ –  
ТРЕВОЖНЫЙ  
ПРИЗНАК .**

**ИЗЛОМЫ ВСЕГДА  
ПОЯВЛЯЮТСЯ ТАМ,  
ГДЕ ДВИЖЕНИЕ  
СВОБОДНО  
КОЛЕБЛЮЩЕГОСЯ  
ПРОВОДА  
СДЕРЖИВАЕТСЯ.**

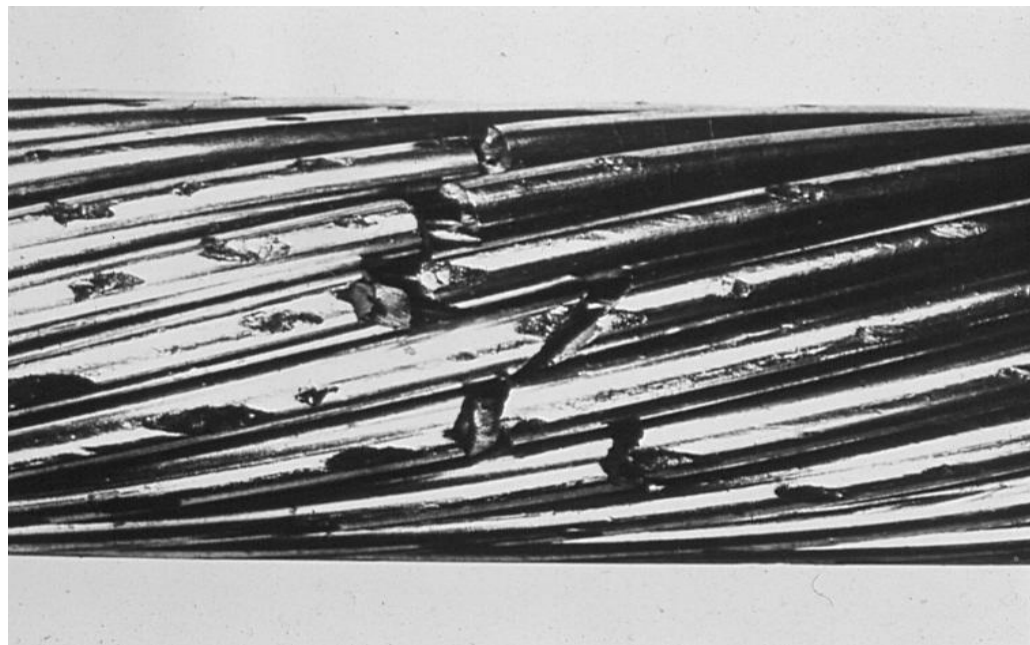


# Вступление

**ГДЕ ИСКАТЬ ТРЕЩИНЫ?**

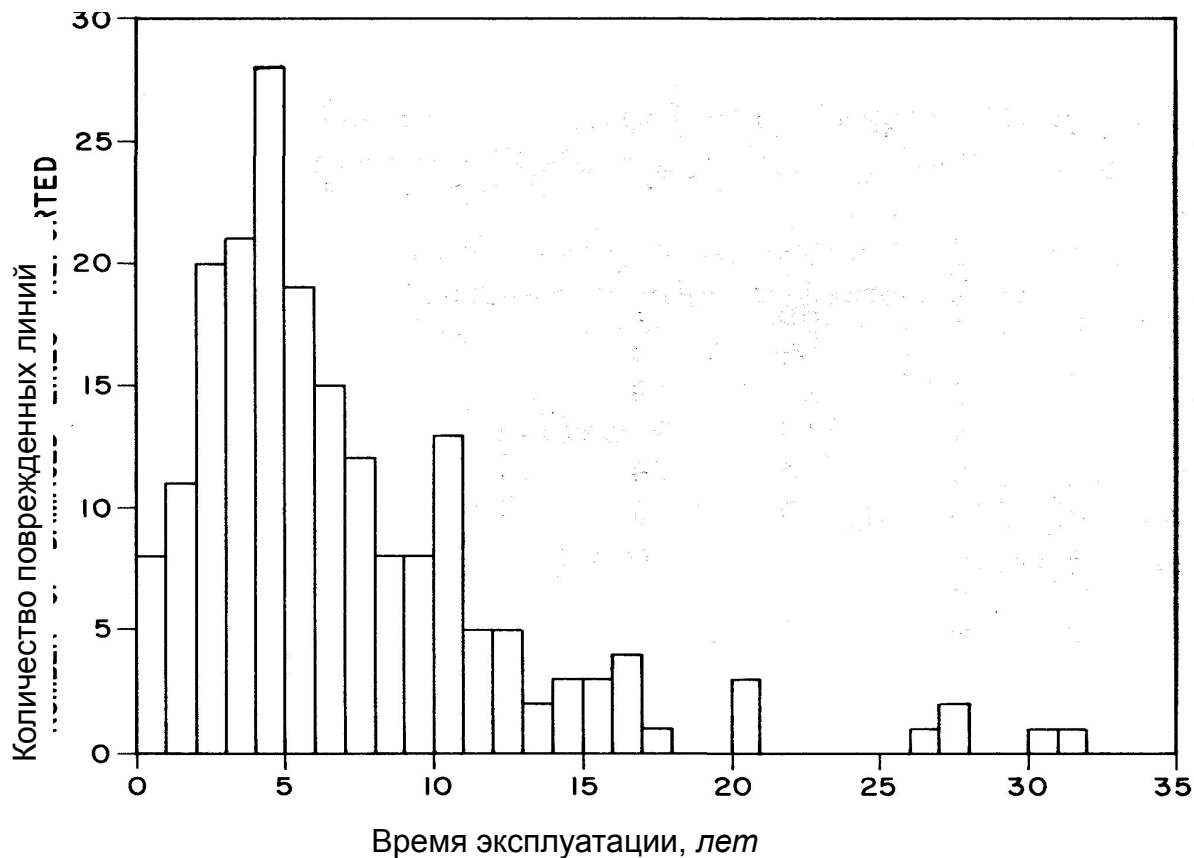
**ПРАКТИЧЕСКИ ВСЕГДА –  
ВБЛИЗИ  
ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ  
ЗАЖИМОВ**

**НО! ЧАСТО ТРЕЩИНЫ  
ОБРАЗУЮТСЯ НЕ НА  
ПОВЕРХНОСТИ ПРОВОДА,  
А ВО ВНУТРЕННИХ  
ПОВИВАХ**



**СТОЙКОСТЬ СТАЛИ НАМНОГО ВЫШЕ СТОЙКОСТИ АЛЮМИНИЯ. ПРИ ПОЛНОСТЬЮ РАЗРУШЕННОМ СЛОЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОЛОК, СТАЛЬНОЙ СЕРДЕЧНИК ОБЫЧНО ПОЛНОСТЬЮ СОХРАНЯЕТ СВОЮ ПРОЧНОСТЬ**

# УСТАЛОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ. ВЛИЯНИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ

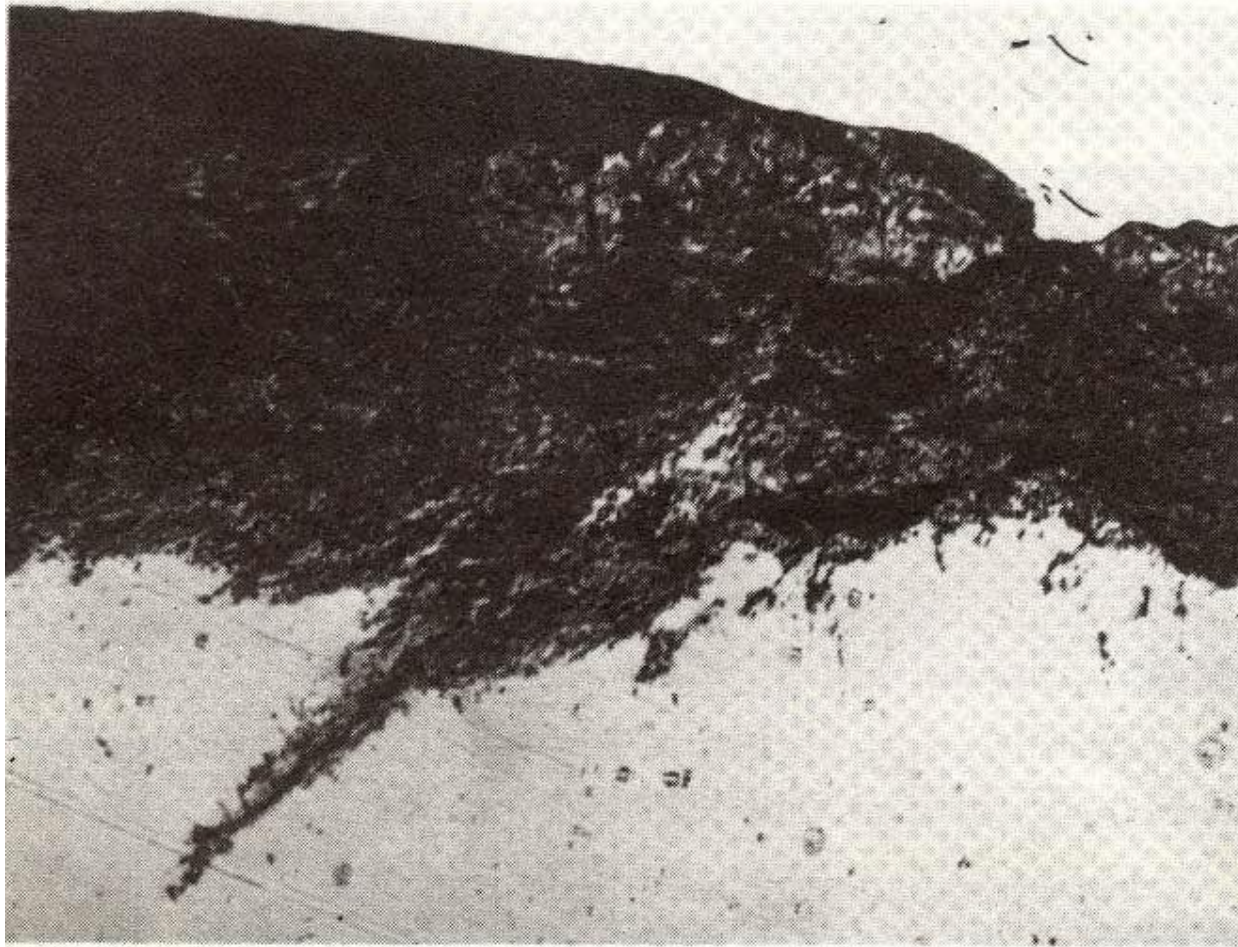


ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫПОЛНЯЛОСЬ ALCOA В 70-Х ГОДАХ ПО ВЛ США

# РАННИЕ ПРИЗНАКИ «ПОТЕКИ», ЧЕРНЫЙ ПОРОШОК ОТ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА

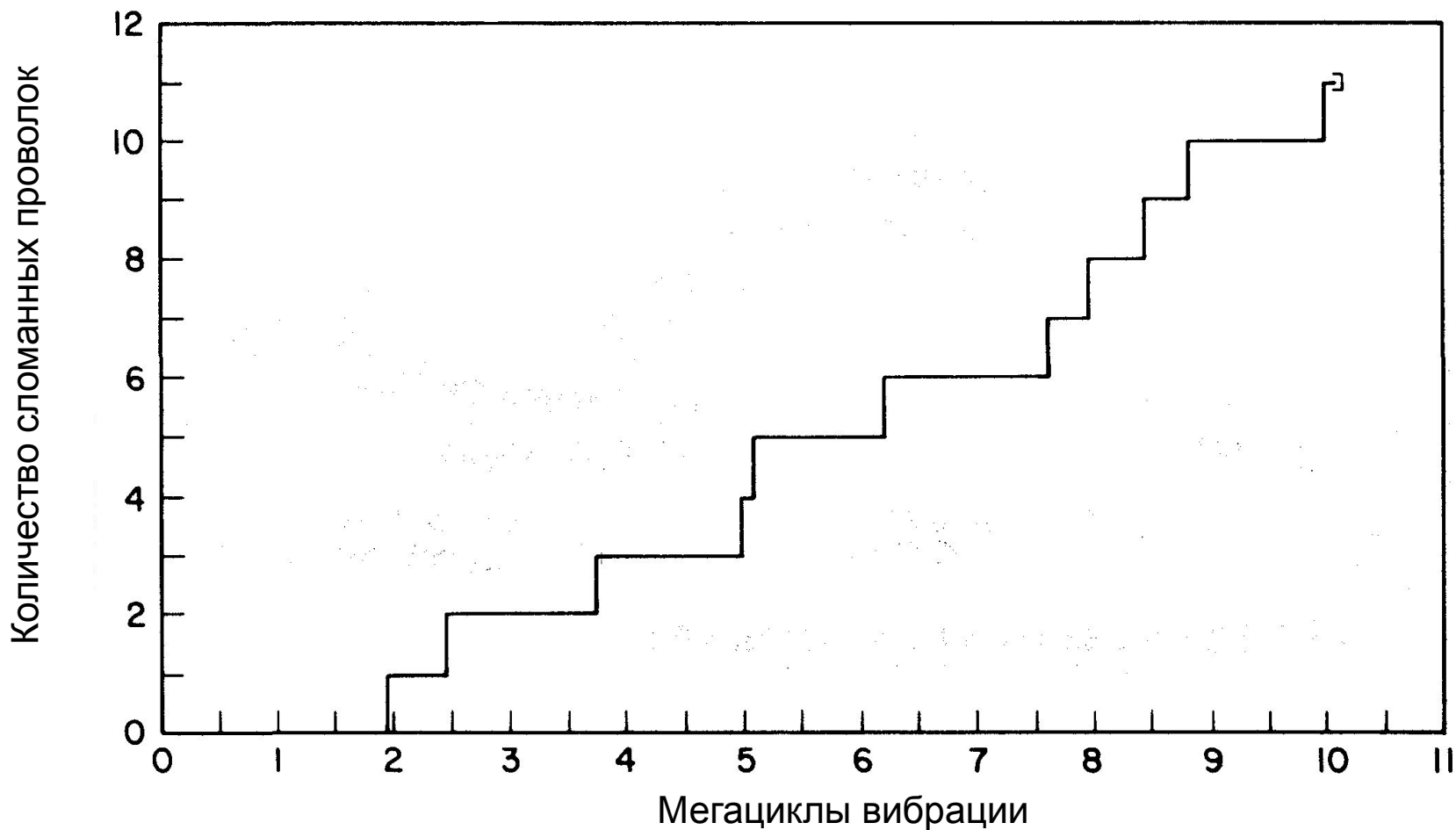


# ДИНАМИКА РАЗРУШЕНИЯ



**СРЕЗ ЗОНЫ РАЗРУШЕНИЯ (ВДОЛЬ ОСИ ПРОВОЛОКИ) ПОД МИКРОСКОПОМ**

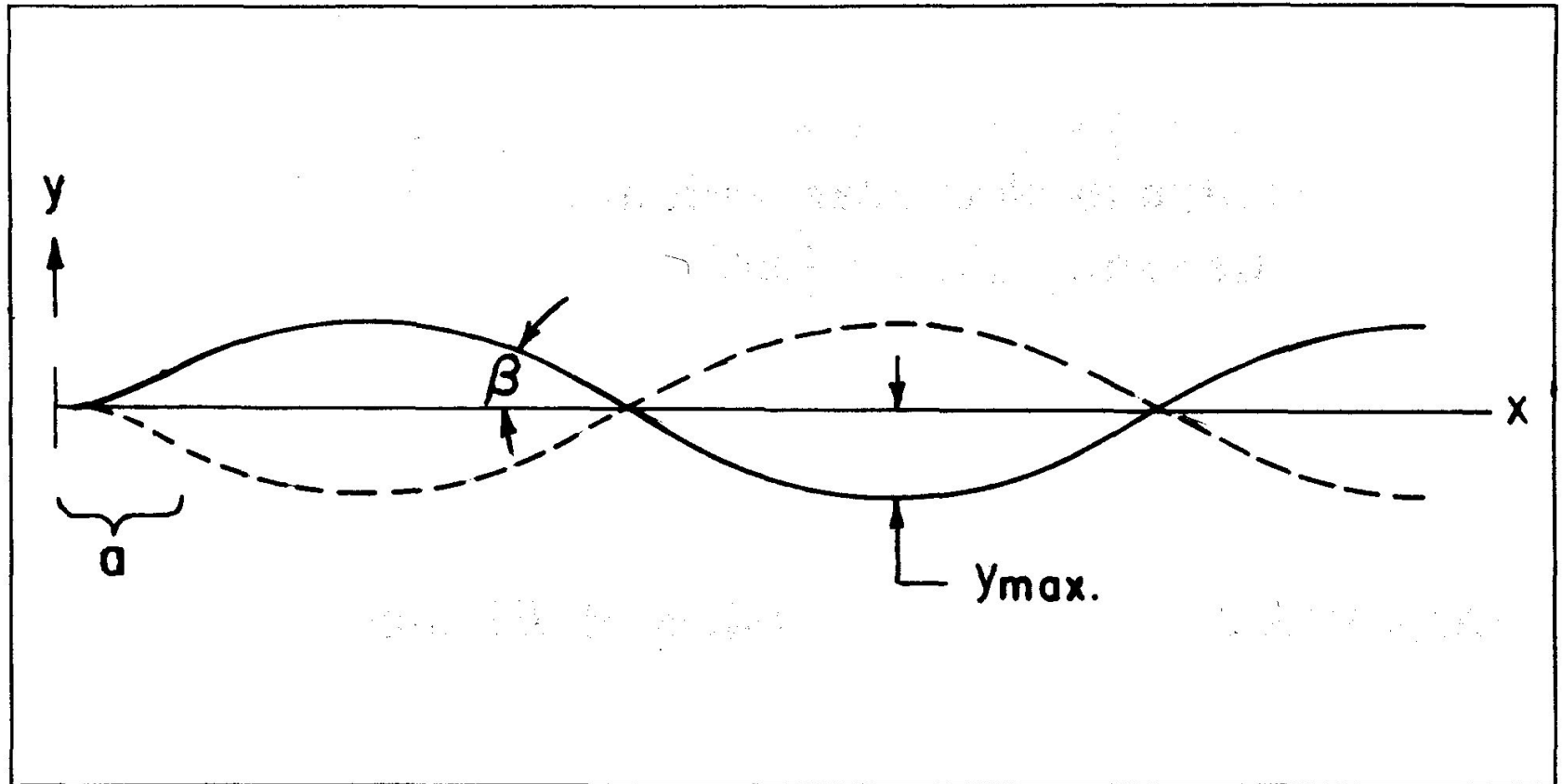
# Развитие повреждений







# Усталость в точке максимального изгиба



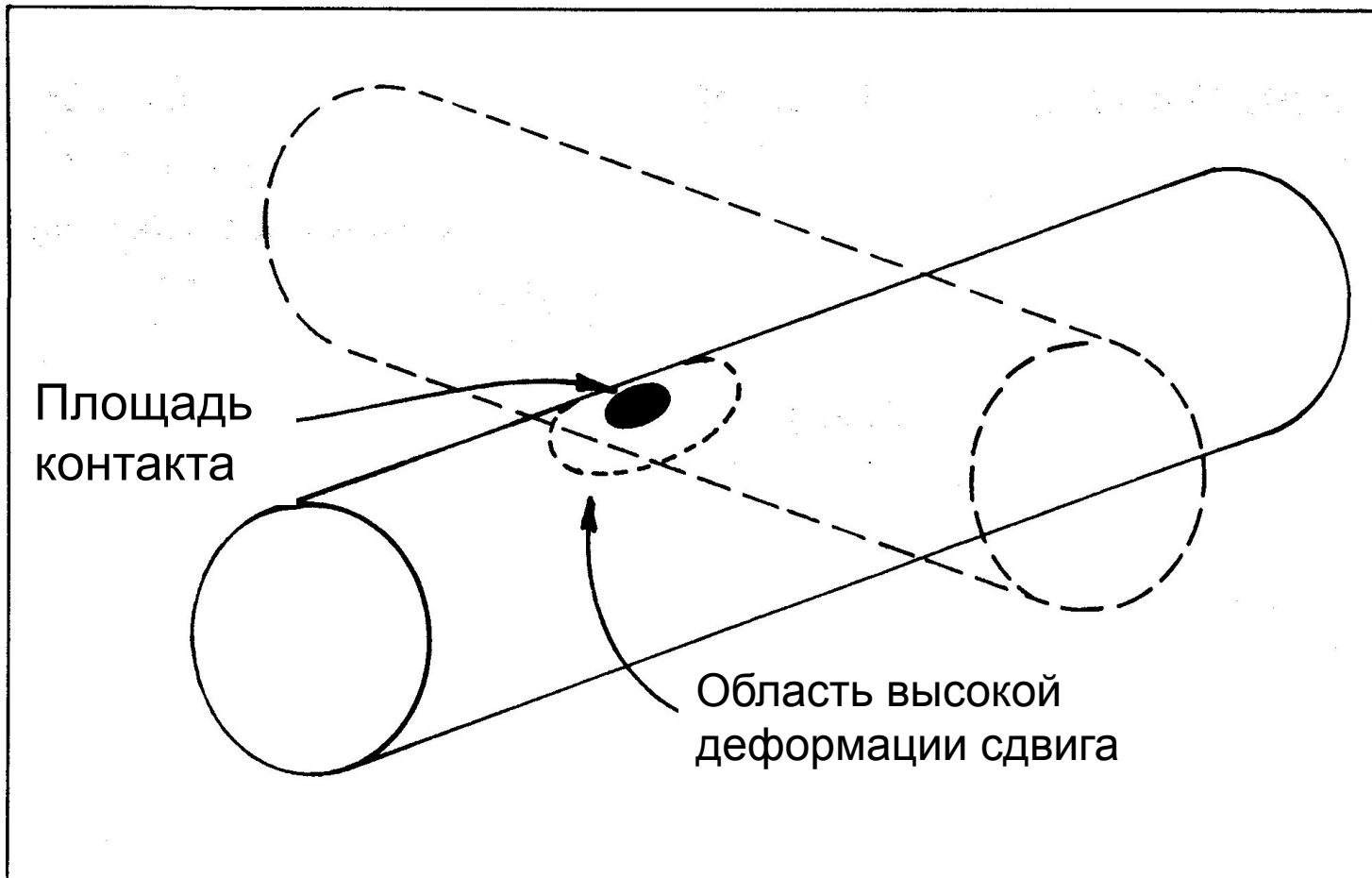
**Вибрация в виде стоячих волн при жестко закрепленном поддерживающем зажиме (на левом краю участка  $a$ )**

# Максимальный относительный сдвиг между повивами



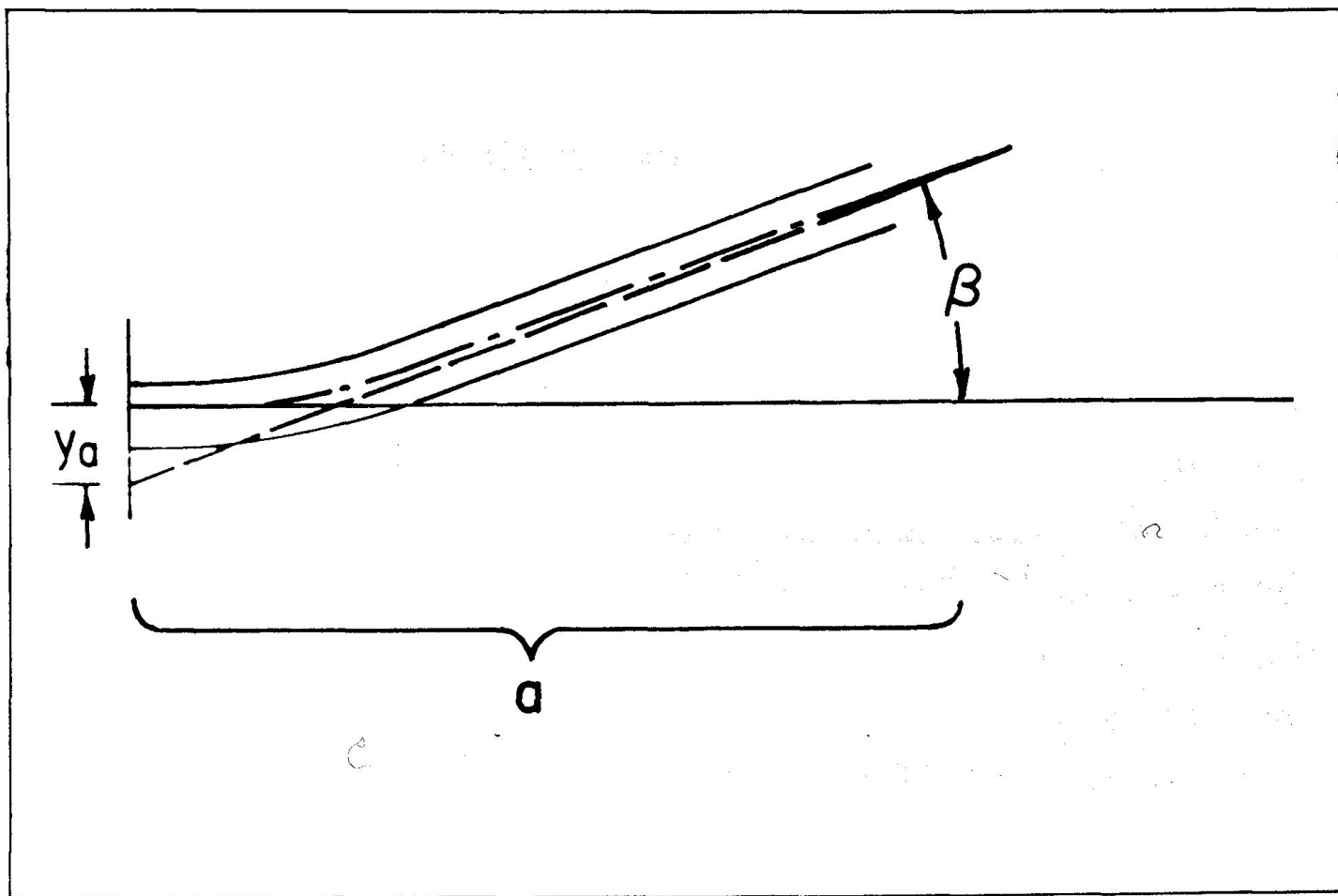
Перемещение проволоки в проводе около поддерживающего зажима

# Зарождение трещины при сложном напряженном состоянии



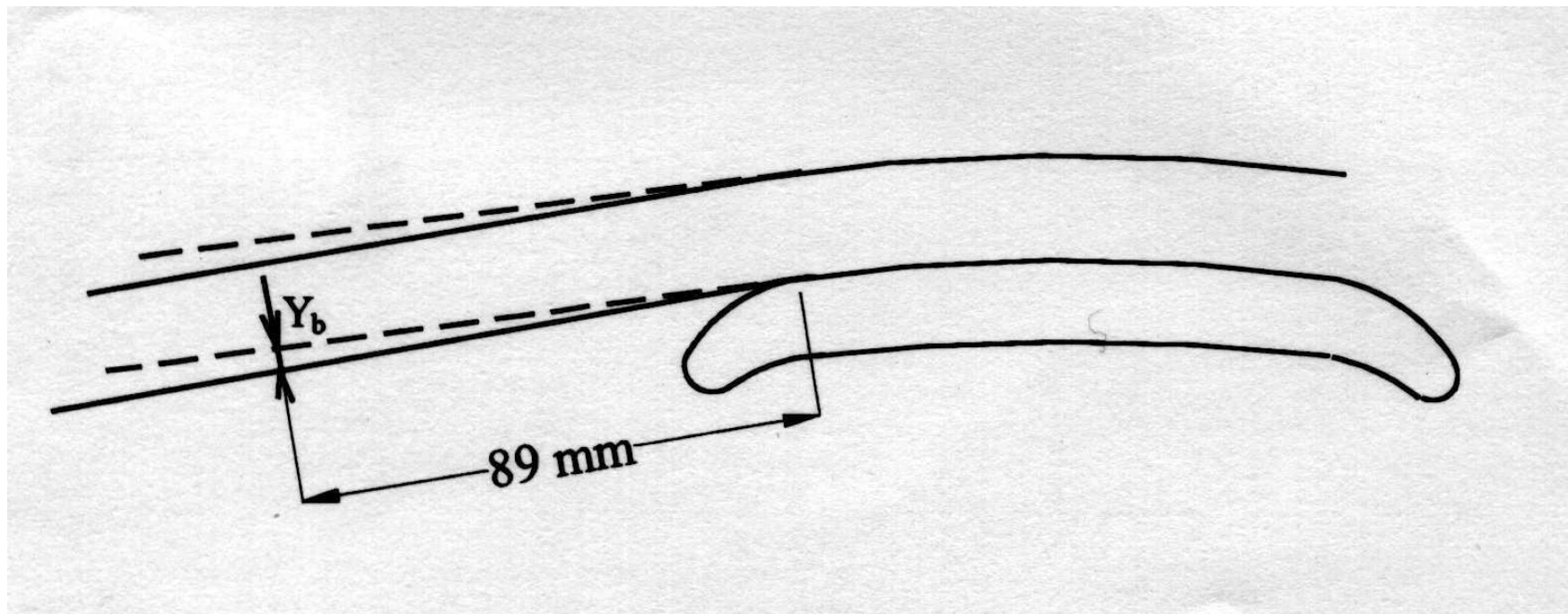
Область внутрививного межпроволочного контакта

# Вычисления по углу изгиба



Увеличенное изображение участка  $a$  (слайд

# Вычисление по амплитуде изгиба



**ЗНАКОПЕРЕМЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ В ВЕРХНЕЙ ТОЧКЕ ПРОВОДА, ОПРЕДЕЛЯЕМОЕ:**

$$\sigma_a = \frac{dE_a}{2} \sqrt{\frac{H}{EI}} \beta$$

**- ПО УГЛУ ИЗГИБА (1)**

$$\sigma_a = \pi d E_a \sqrt{\frac{m}{EI}} f y_{\max}$$

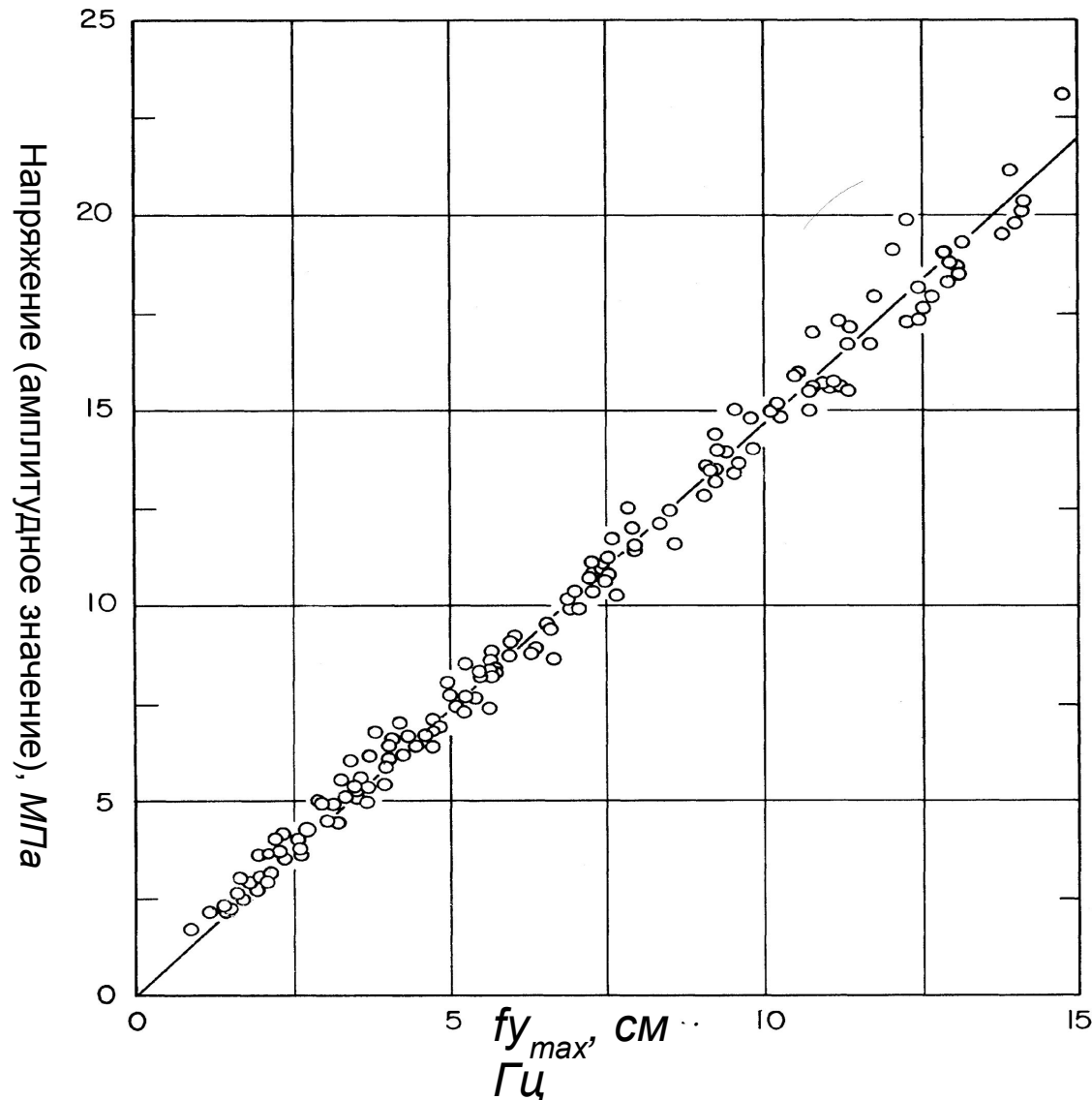
**- ПО МАКСИМАЛЬНОЙ АМПЛИТУДЕ  
ВИБРАЦИИ И ЧАСТОТЕ (2)**

$$\sigma_a = \frac{d E_a p^2 4}{e^{(-px)} + 1 + px} Y_b$$

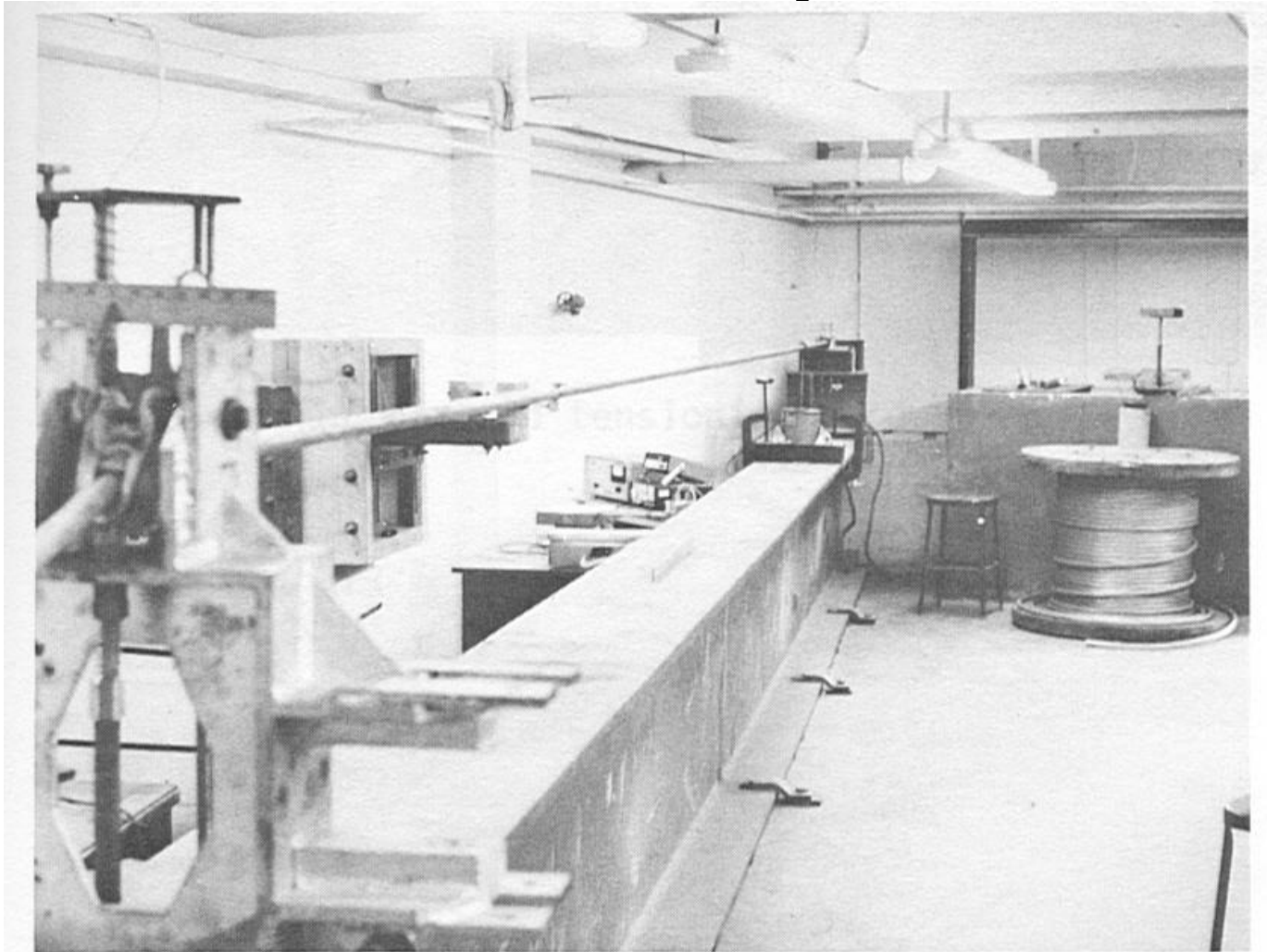
**- ПО АМПЛИТУДЕ ОТКЛОНЕНИЯ,  
ИЗМЕРЕННОЙ НА РАССТОЯНИИ 89  
ММ ОТ ЗАЖИМА (3)**

**ФОРМУЛЫ ПОЛУЧЕНЫ ИЗ УРАВНЕНИЯ ПОФФЕНБЕРГЕРА-СВАРТА**

Динамическое изгибное напряжение, базирующееся на тензометрических измерениях, как функция  $f_{y_{max}}$ . Прямая – расчет по (2)

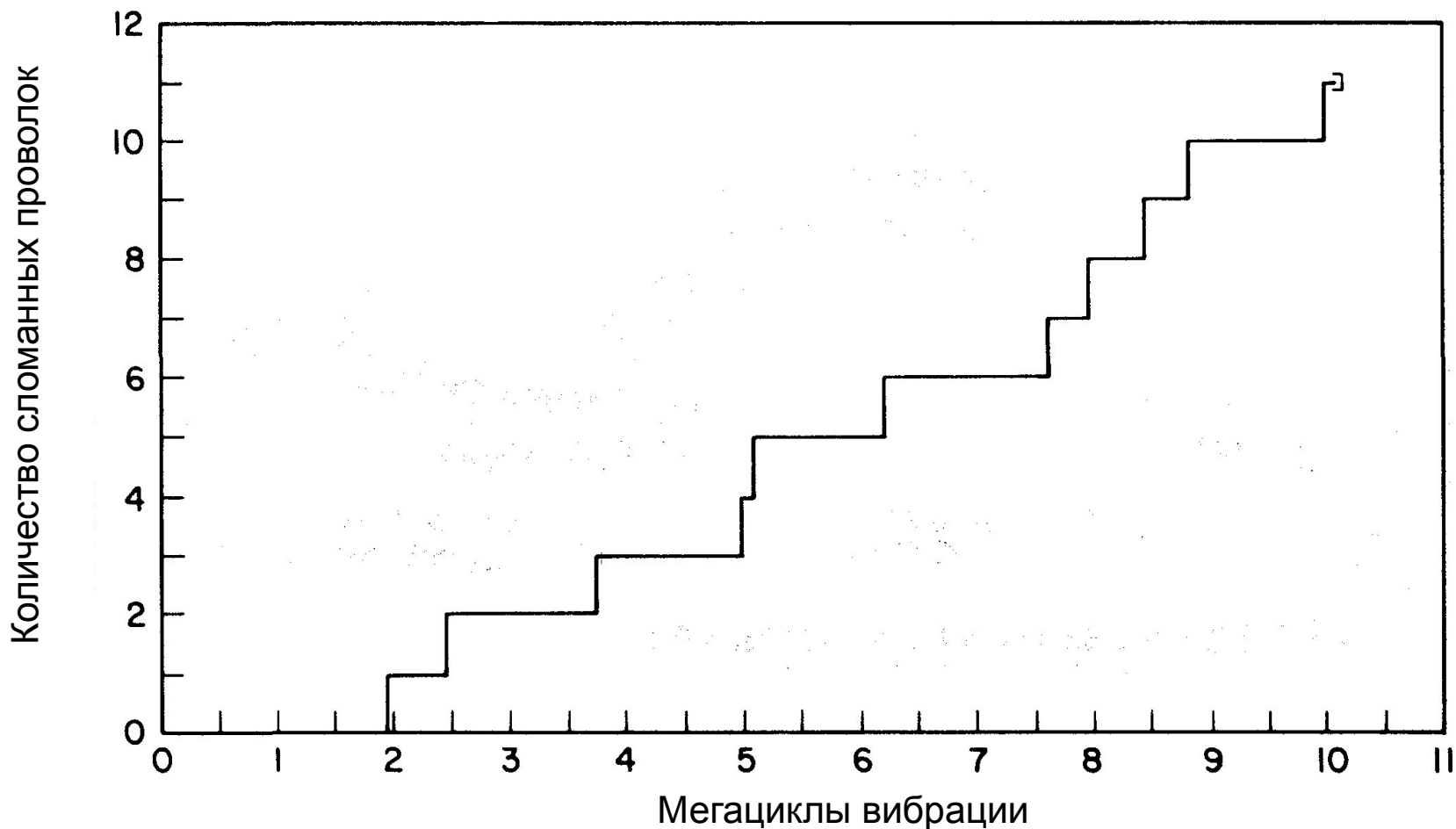


# Испытательный пролет в Auburn University



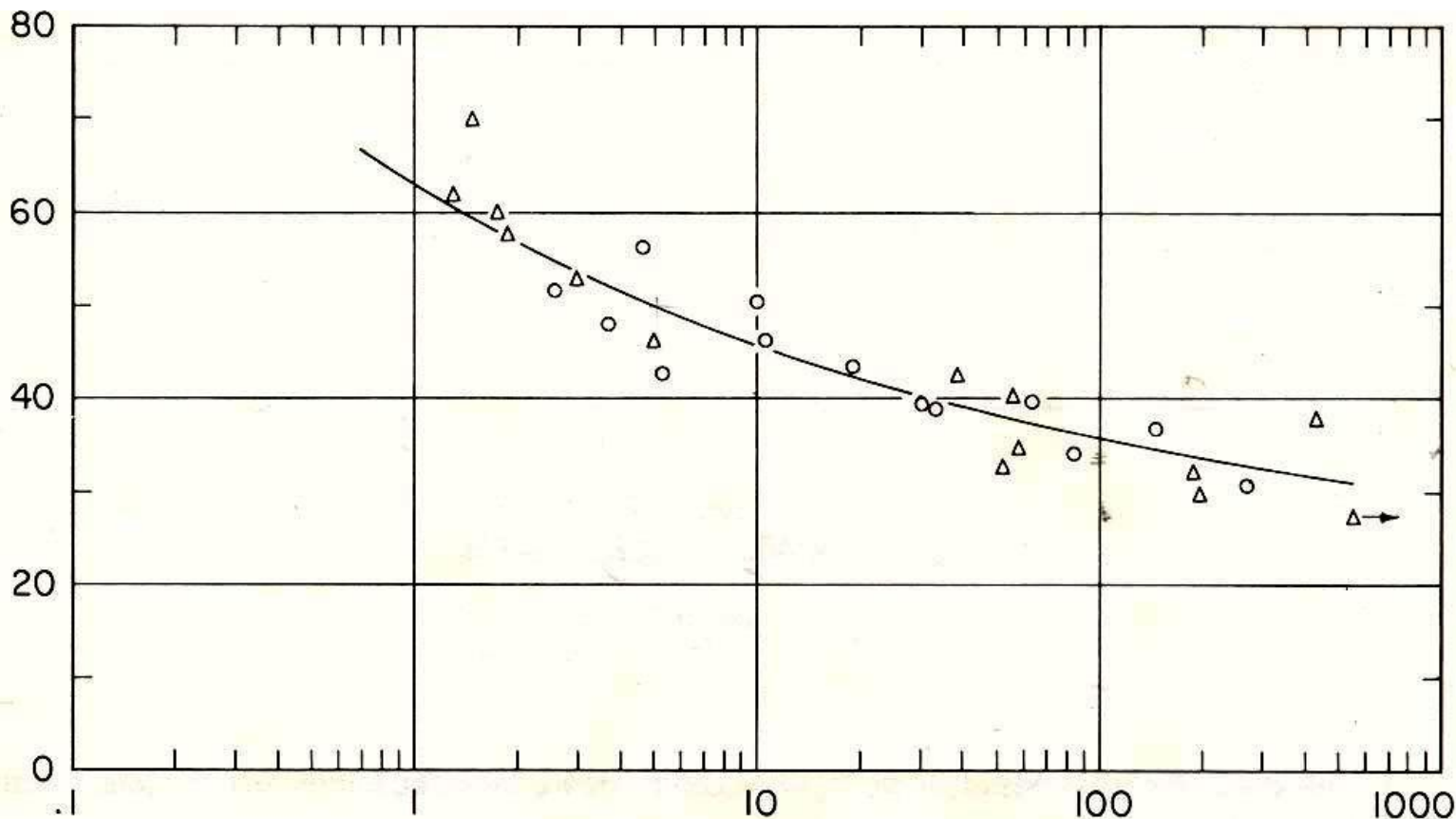


Испытания проводятся до тех пор  
пока повивы не начнут разрушаться



# Результаты испытаний

Вычисленное напряжение изгиба  $\sigma_a$  в  
проводе в внешнем повороте  
(амплитудное значение), МПа

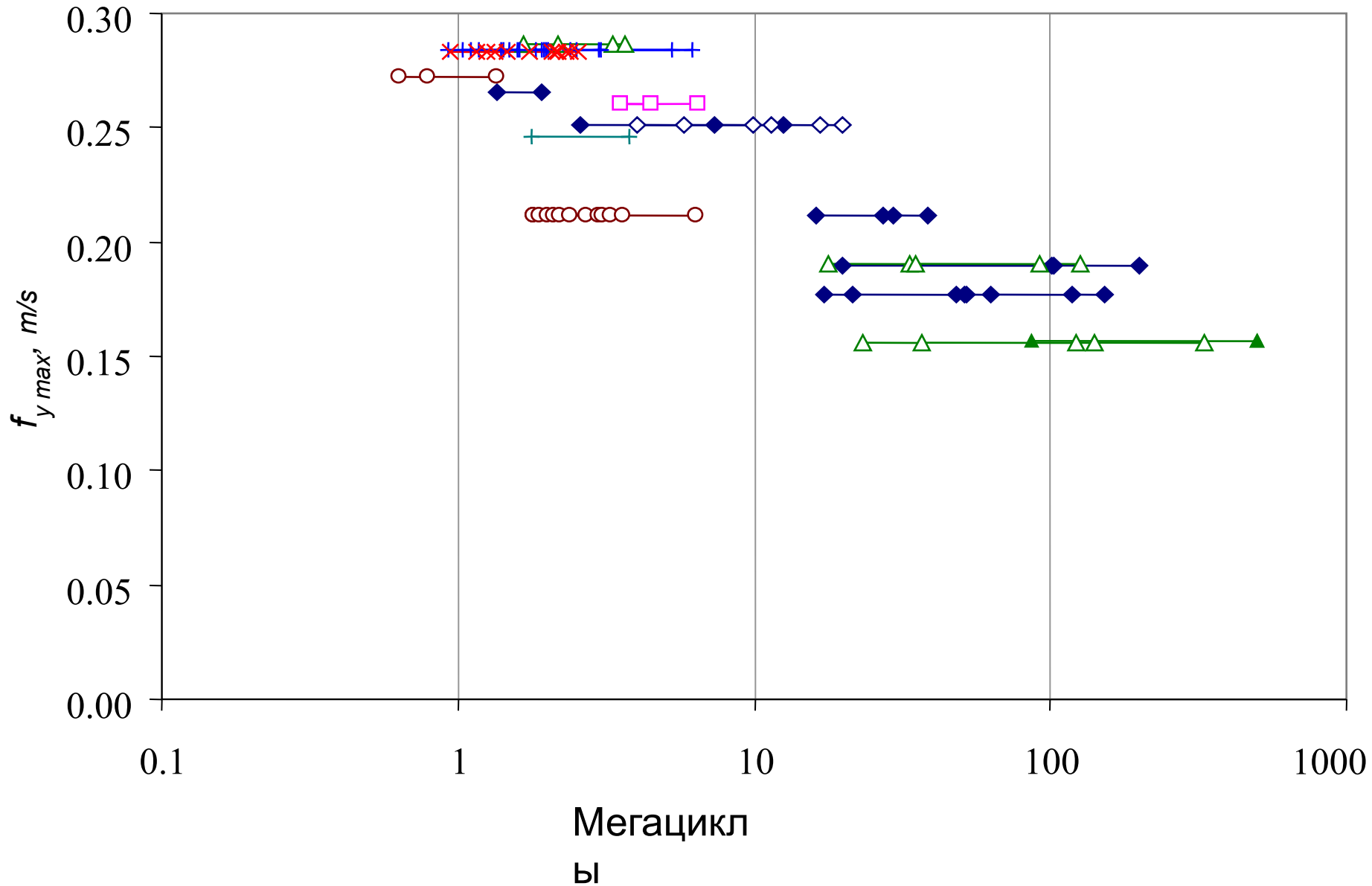


Логарифм среднего значения  $N$  ( $N$ - мегациклы до повреждения)  
o Однопровитный сталеалюминиевый провод марки ACSR в  
зажимах типа "BM"

$\Delta$  Провод 1/0 ACSR в поддерживающих зажимах

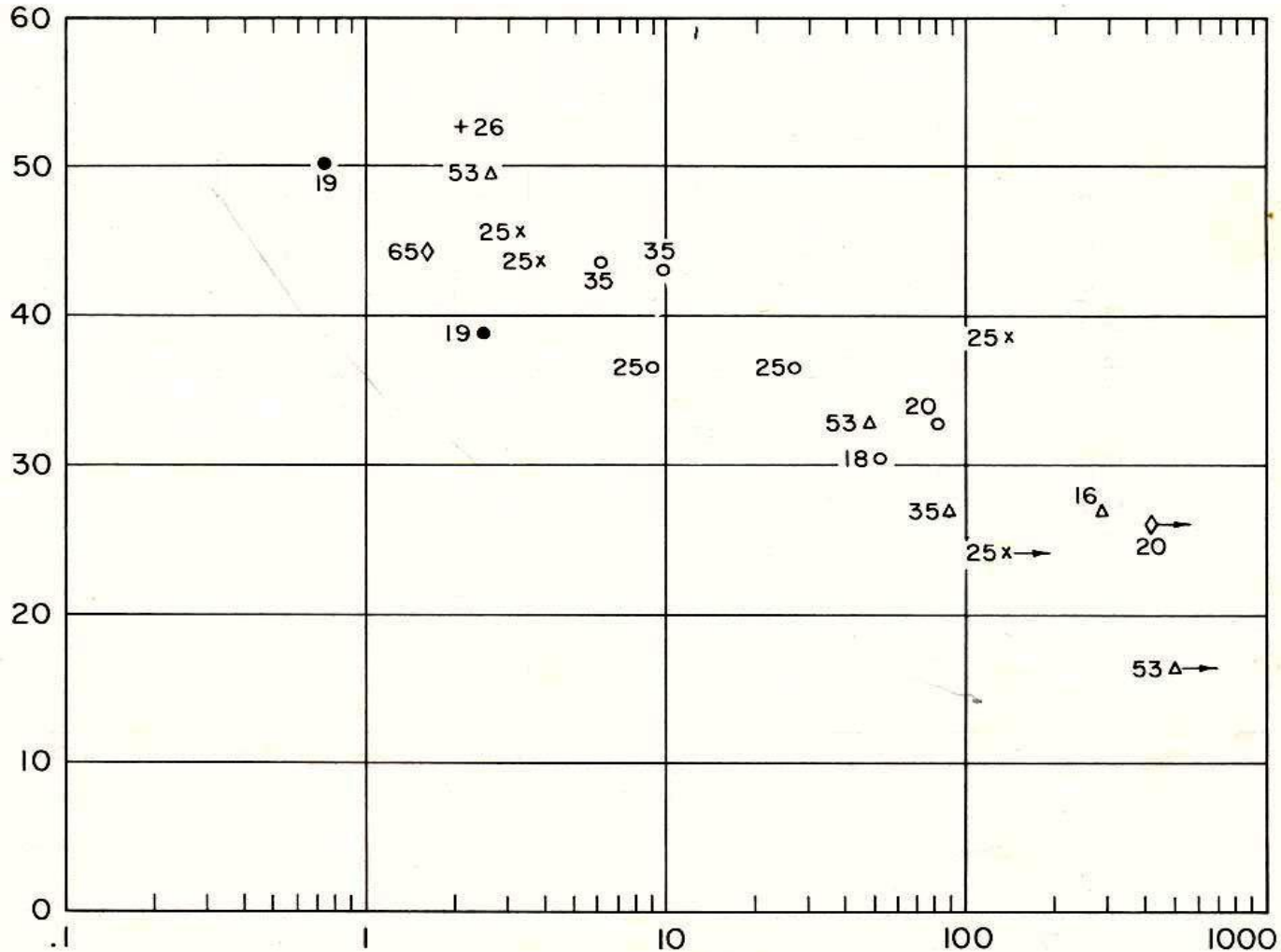
Представлены данные 66 испытаний. Вычисления  $\sigma_a$  – по ур-ю (2)

# Результаты испытаний



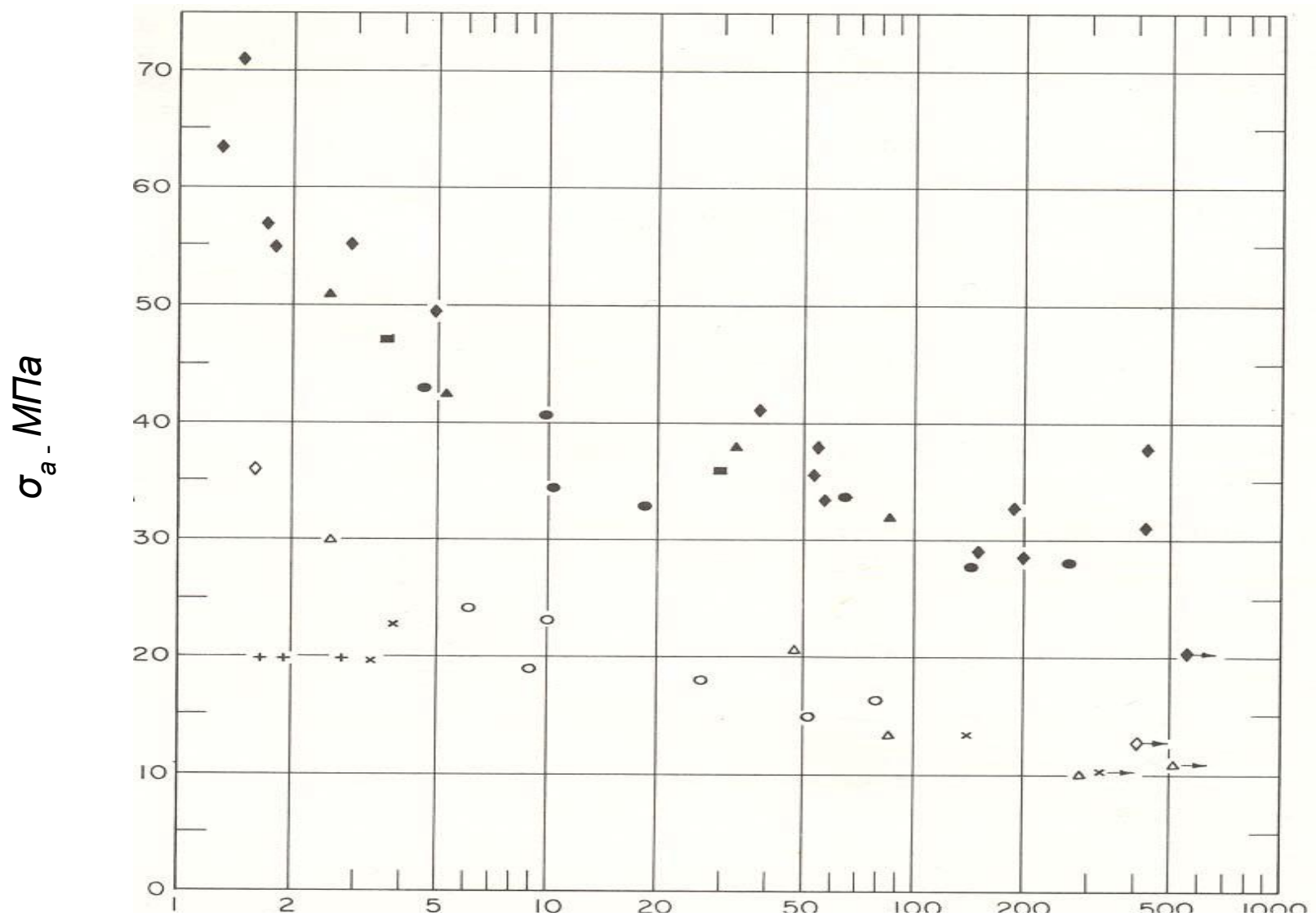
Испытания на усталость многопровитного сталеалюминиевого провода марки ACSR. Представлены данные 68 испытаний. Значения  $\sigma_a$  рассчитаны по уравнению (2). Числа означают тяжение в процентах от номинальной прочности

Вычисленное напряжение изгиба  $\sigma_a$   
в проволоке внешнего повива  
(амплитудное значение), МПа



Логарифм среднего значения  $N$   
 $N$  – мегациклы до повреждения

Испытания на усталость сталеалюминиевых проводов, закрепленных в зажимах типа “ВМ” (см. разд. 2.2.5.1) или в стандартных поддерживающих зажимах. Значения  $\sigma_a$  рассчитаны по уравнению (2.15)

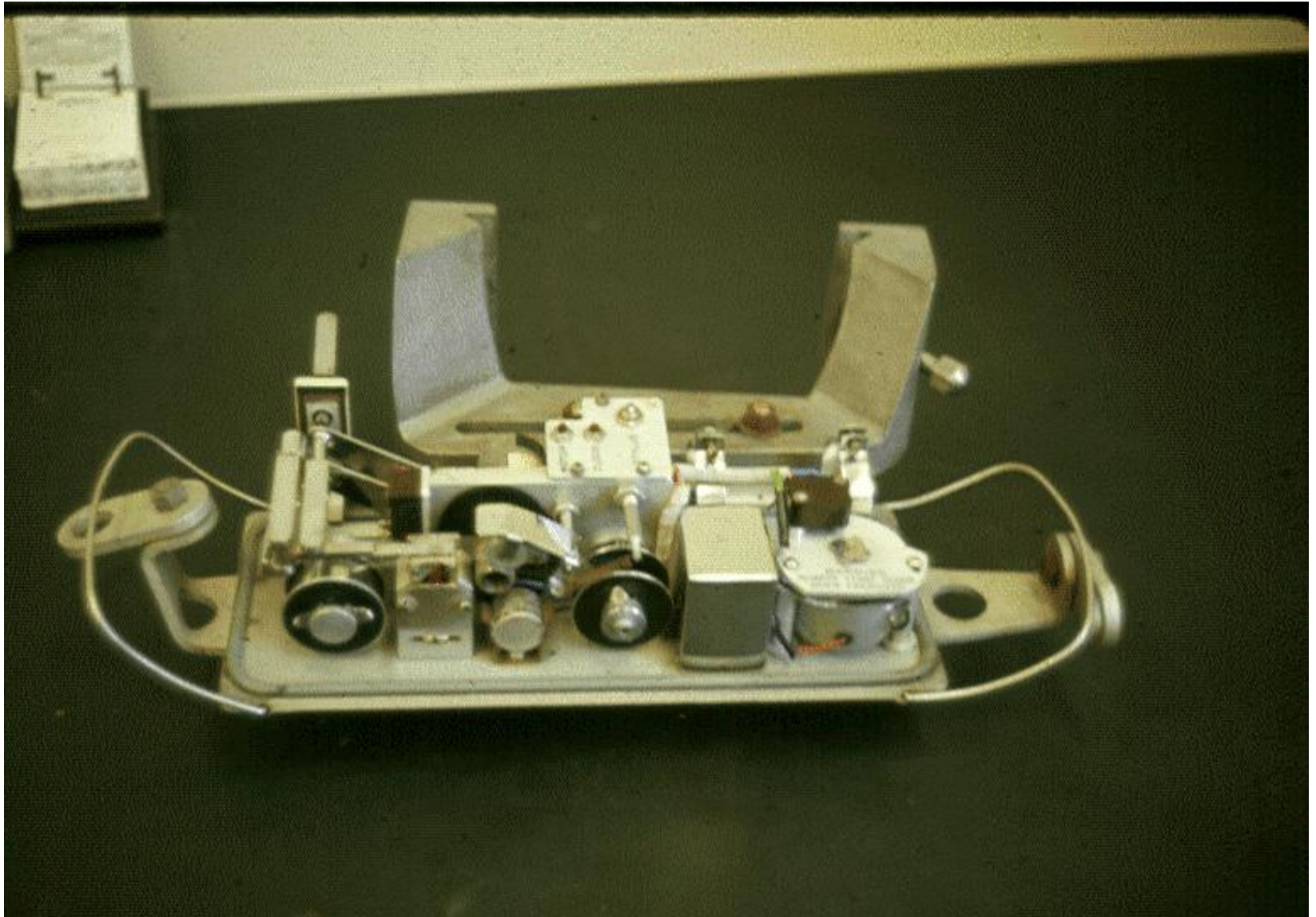


Логарифм среднего значения  $N$  ( $N$  – мегациклы до повреждения)

# Самописец Ontario Hydro



# Самописец Ontario Hydro



В современных самописцах используют микропроцессоры и электрические датчики

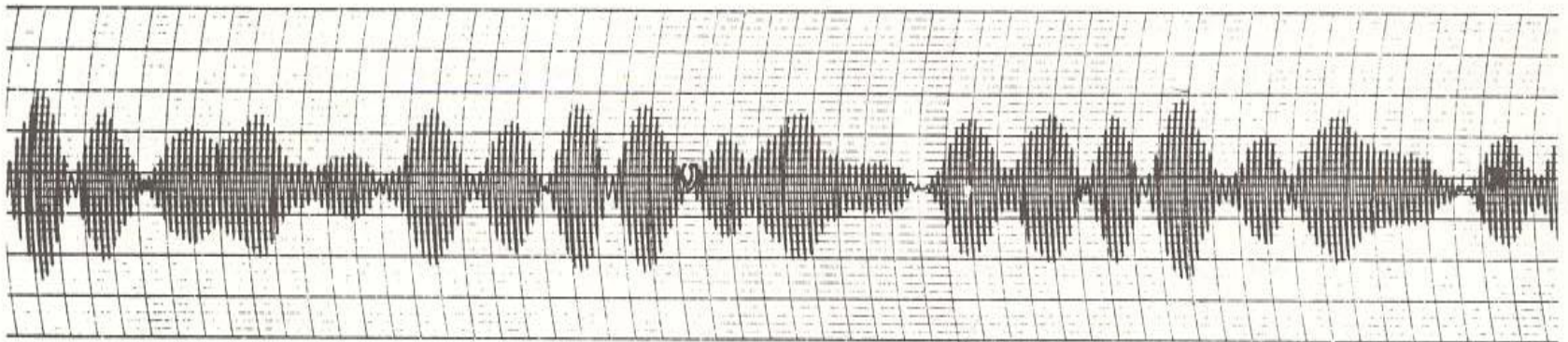
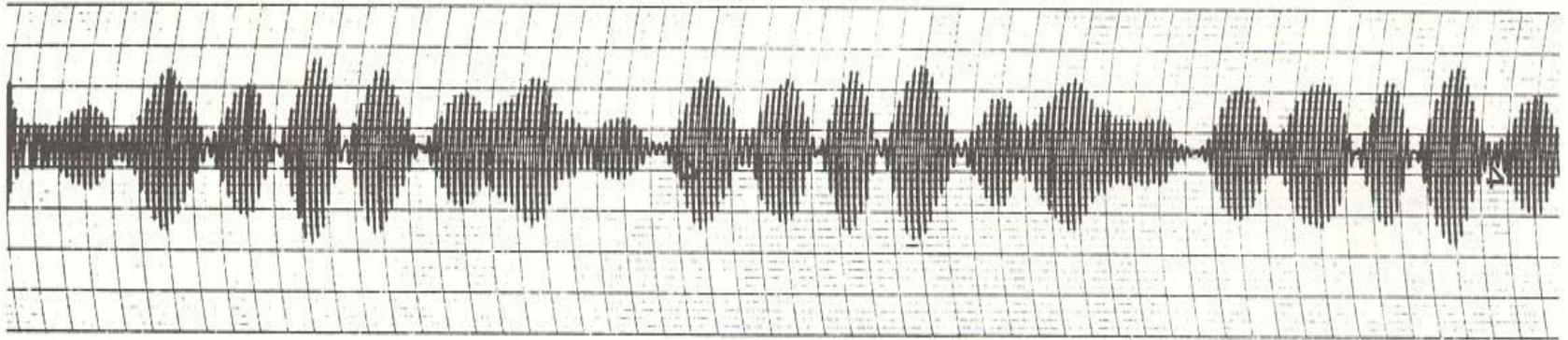




В современных самописцах используют микропроцессоры и электрические датчики



# Расшифровка записей



# Представление результатов

## Presentation of Results

amplitude [ $\mu\text{m}$ ]																
188 -																
175 - 187																
163 - 174																
150 - 162																
138 - 149	8		3	2	4	241	672	448	128	11	3	2	2			
125 - 137	14	3	1	4	14	491	1186	886	289	24	5	2	9			
113 - 124	2	13	6	1	2	39	827	1945	1632	613	74	8	4	5		
100 - 112	9	41	3	1	5	61	1432	3189	2855	1110	192	51	5	10		
88 - 99	85	68	3	1	3	125	2208	4820	4379	2175	537	119	16	19	5	
75 - 87	23	132	8	3	—	257	3280	6774	6648	3771	1295	329	62	12	13	28
63 - 74	85	271	39	10	21	524	4497	8764	9522	6438	2808	816	132	26	19	183
50 - 62	526	632	268	56	76	1223	6019	11242	13344	10122	5350	1925	364	73	22	234
38 - 49	783	1794	811	321	345	2383	8264	14198	17959	14800	9056	4698	1373	392	29	286
25 - 37	193	5513	1735	968	1263	5156	11581	18581	23780	21600	14054	10071	5266	2761	157	607
13 - 24	589	21784	9261	6234	6457	11907	17856	25611	33513	33459	23799	18960	14465	21270	4093	3129
- 12	5774	60759	65413	—	63801	56228	50274	49418	49241	44917	35043	30919	27064	75408	132946	85669
	- 2	2-6	6-10	10-14	14-18	18-22	22-26	26-30	30-34	34-38	38-42	42-46	46-50	50-60	60-80	80- frequency [Hz]

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**