

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.**

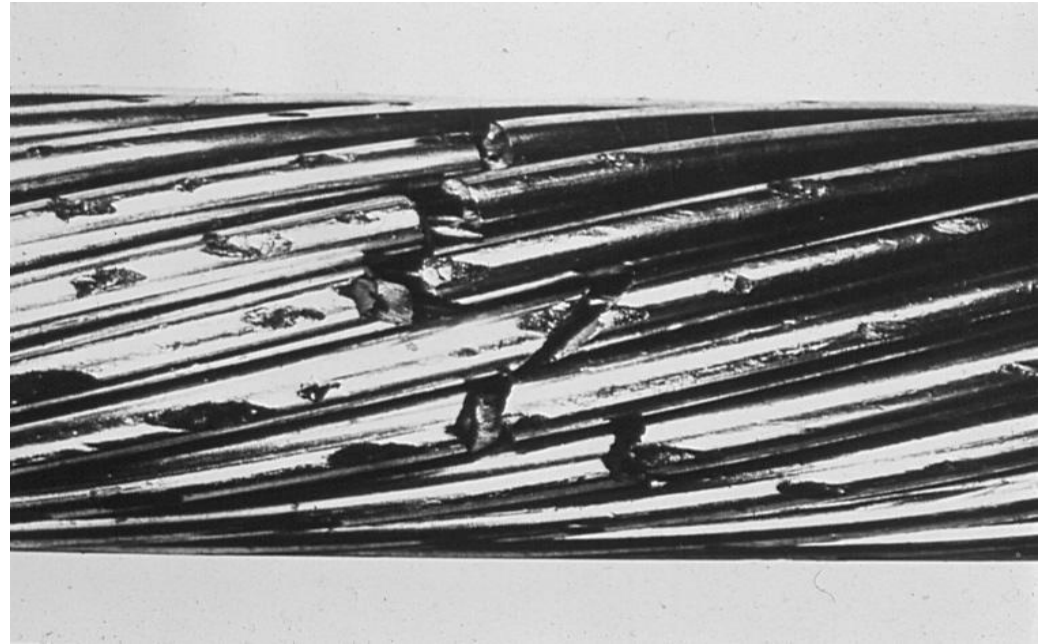


Вступление

ГДЕ ИСКАТЬ ТРЕЩИНЫ?

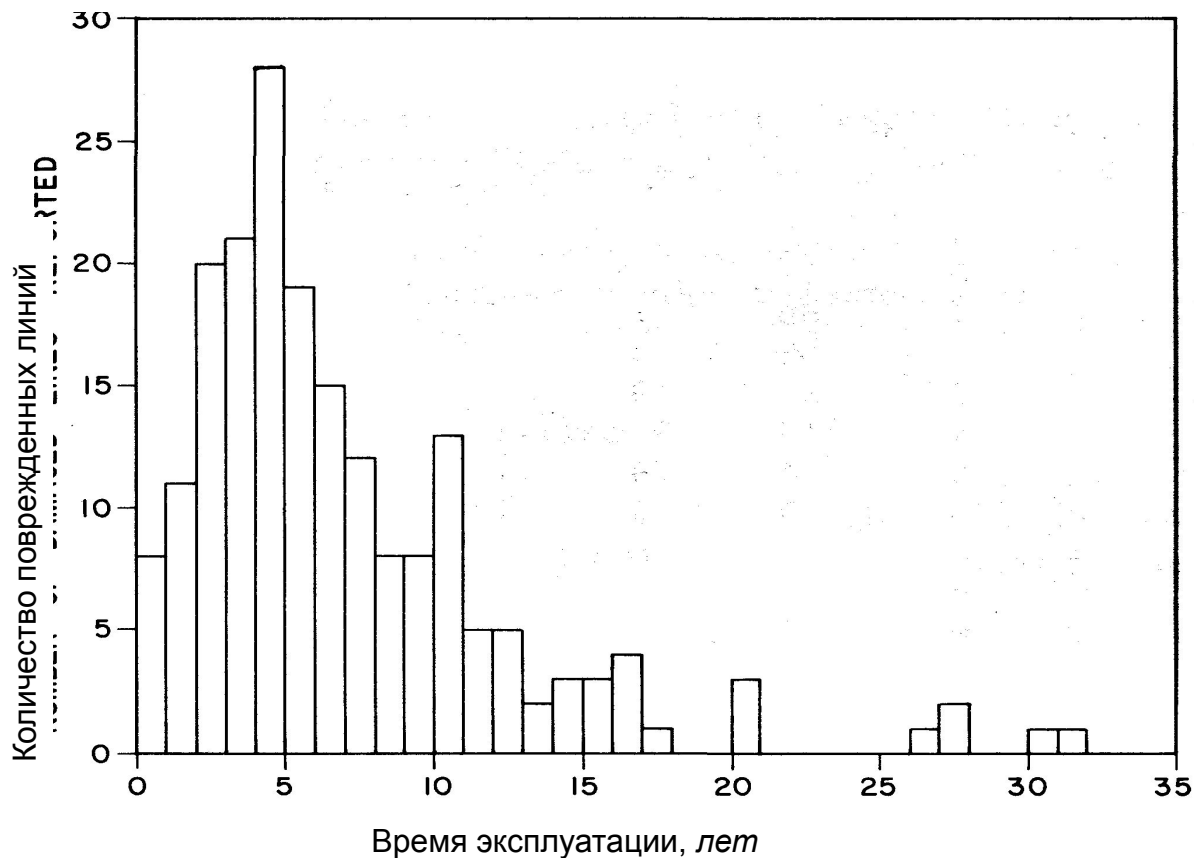
**ПРАКТИЧЕСКИ ВСЕГДА –
ВБЛИЗИ
ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ
ЗАЖИМОВ**

**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

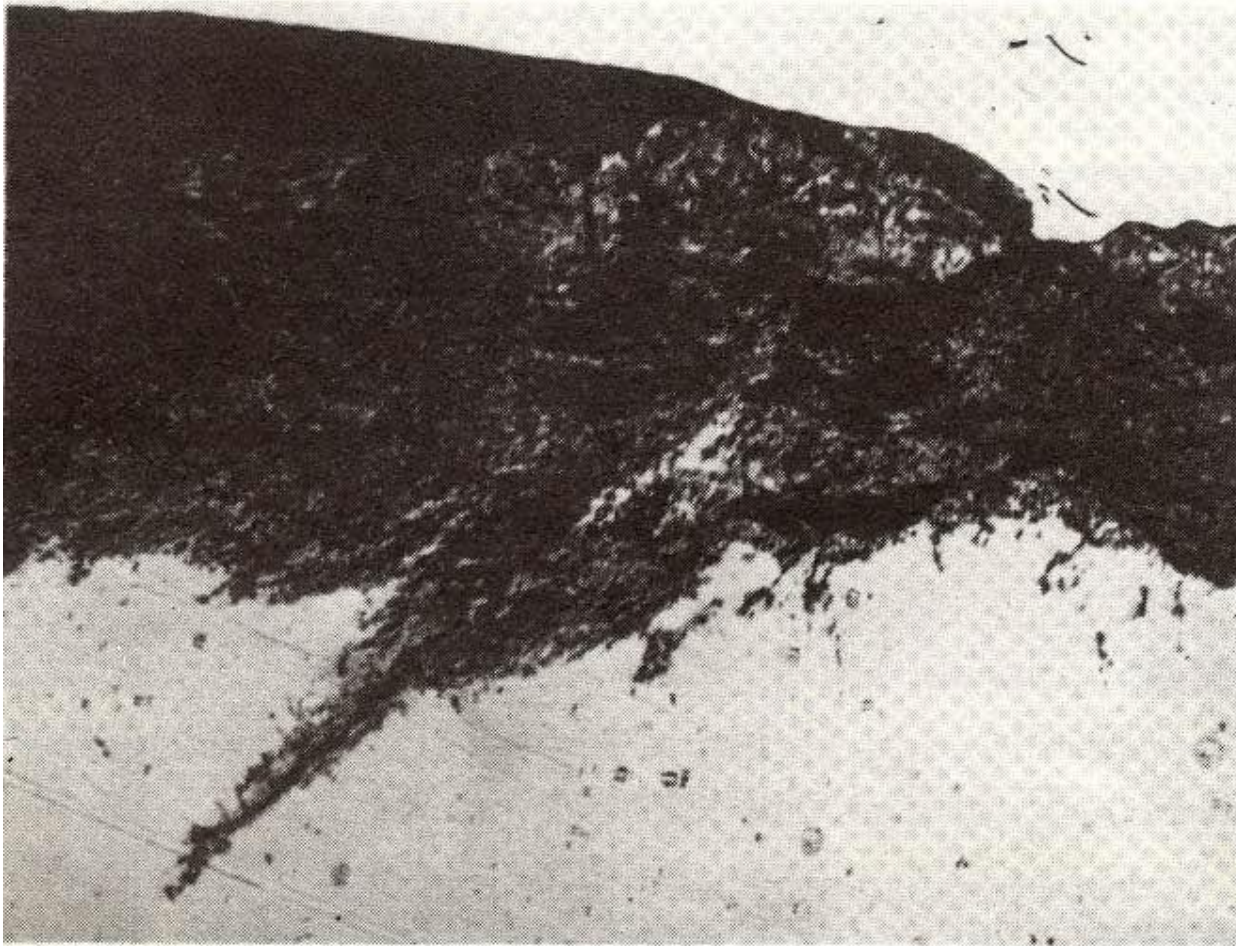


ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫПОЛНЯЛОСЬ ALCOA В 70-Х ГОДАХ ПО ВЛ США

РАННИЕ ПРИЗНАКИ «ПОТЕКИ», ЧЕРНЫЙ ПОРОШОК ОТ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА

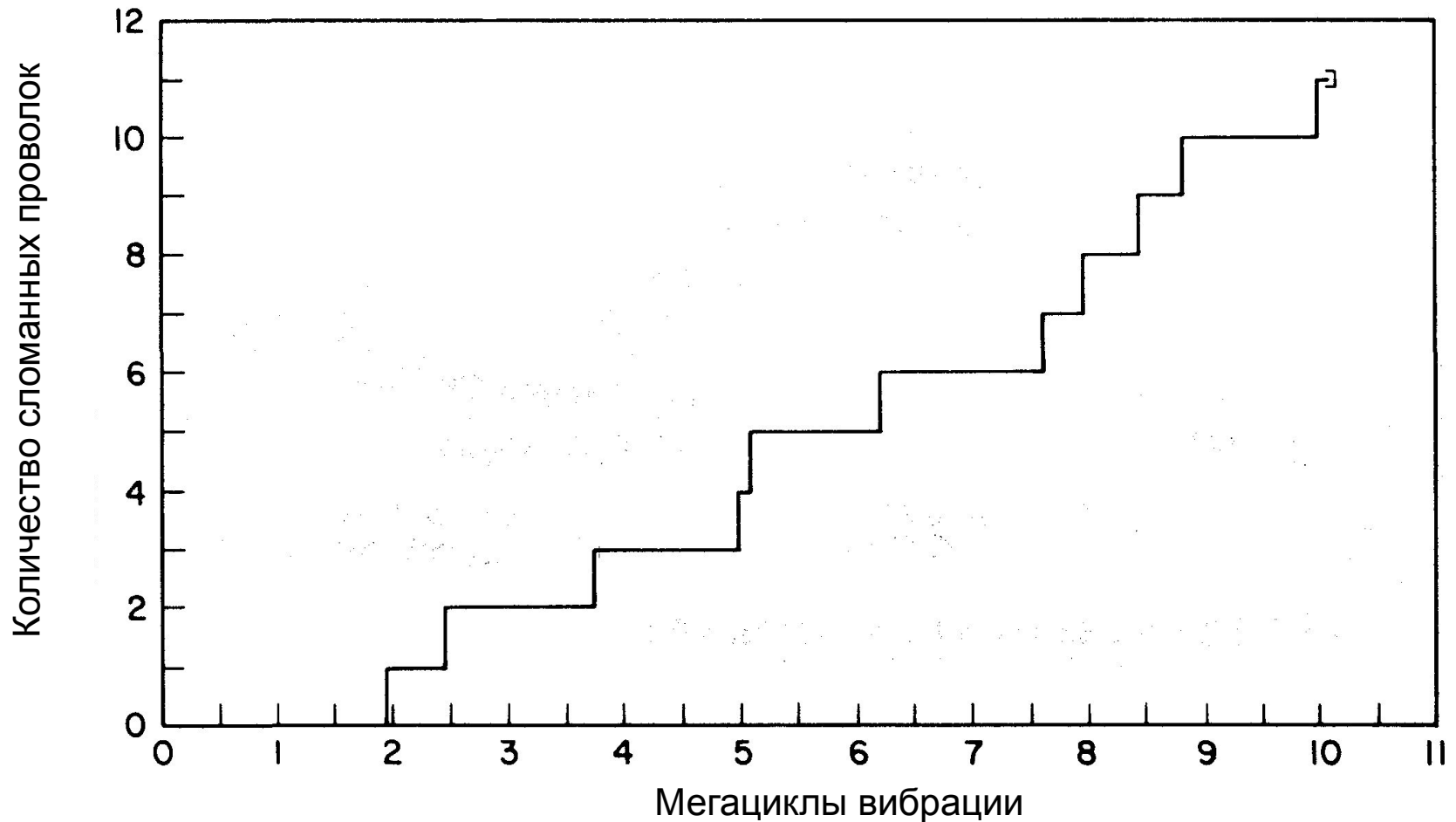


ДИНАМИКА РАЗРУШЕНИЯ

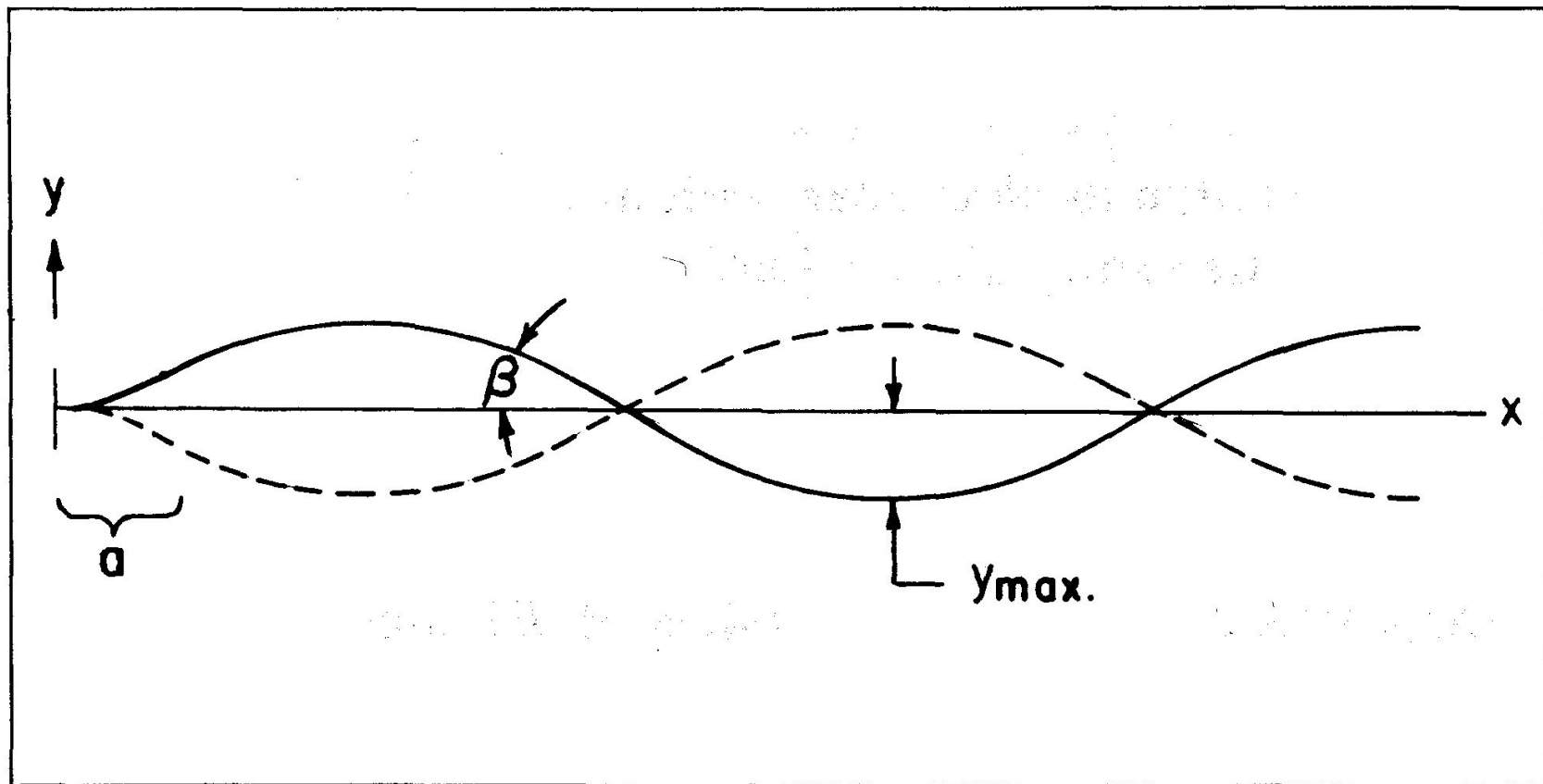


СРЕЗ ЗОНЫ РАЗРУШЕНИЯ (ВДОЛЬ ОСИ ПРОВОЛОКИ) ПОД МИКРОСКОПОМ

Развитие повреждений



Усталость в точке максимального изгиба



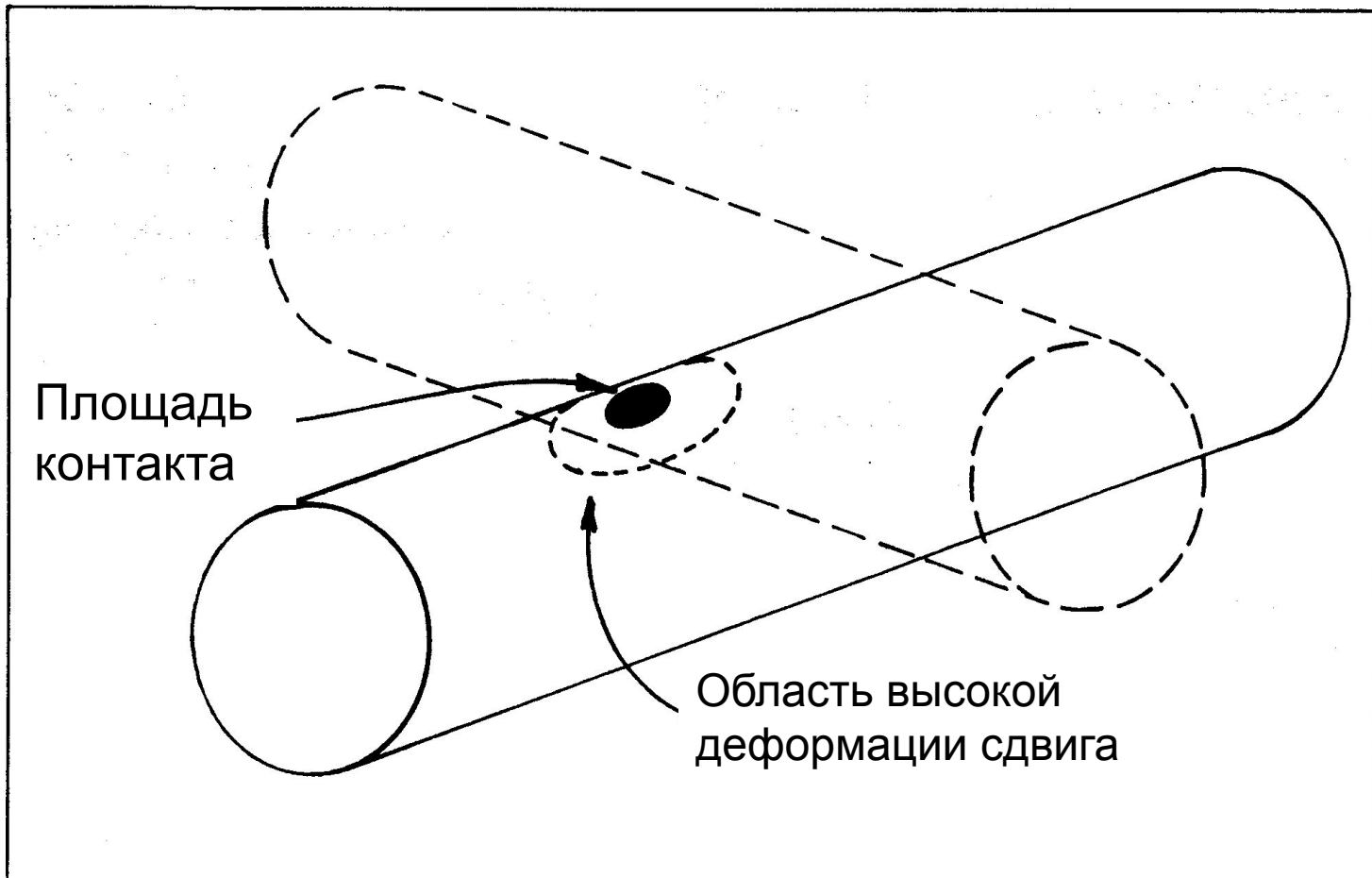
Вибрация в виде стоячих волн при жестко закрепленном поддерживающем зажиме (на левом краю участка a)

Максимальный относительный сдвиг между повивами



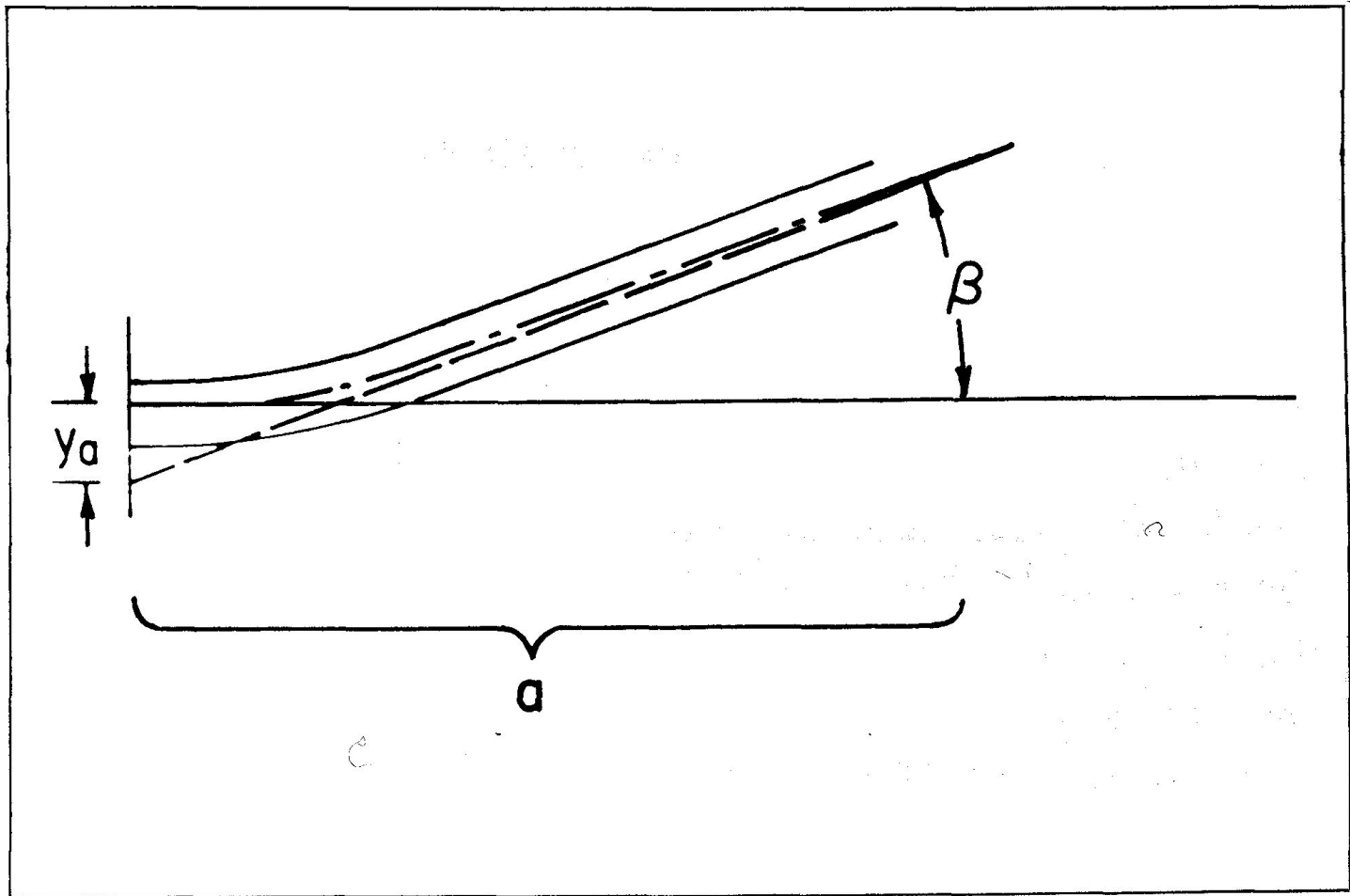
Перемещение проволоки в проводе около поддерживающего зажима

Зарождение трещины при сложном напряженном состоянии



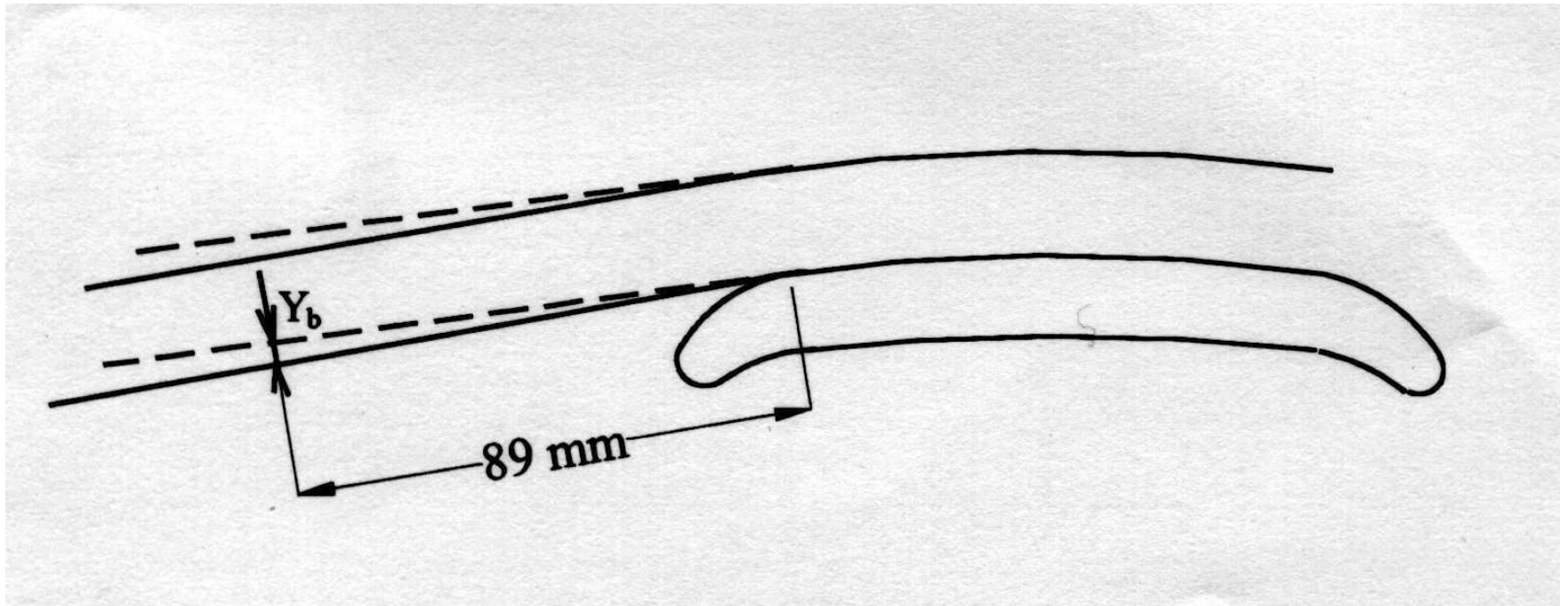
Область внутрививного межпроволочного контакта

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)

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

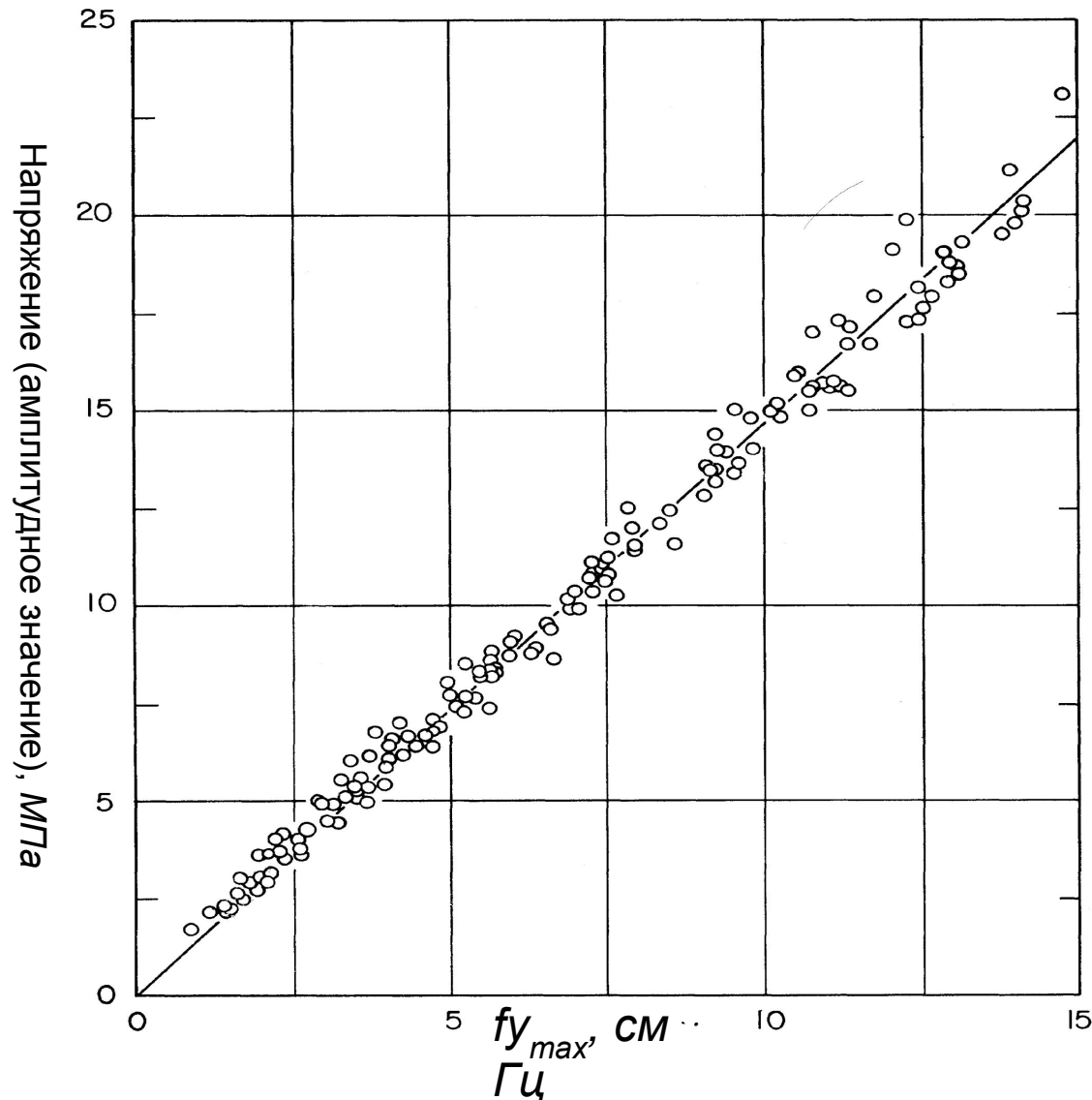
**- ПО МАКСИМАЛЬНОЙ АМПЛИТУДЕ
ВИБРАЦИИ И ЧАСТОТЕ (2)**

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

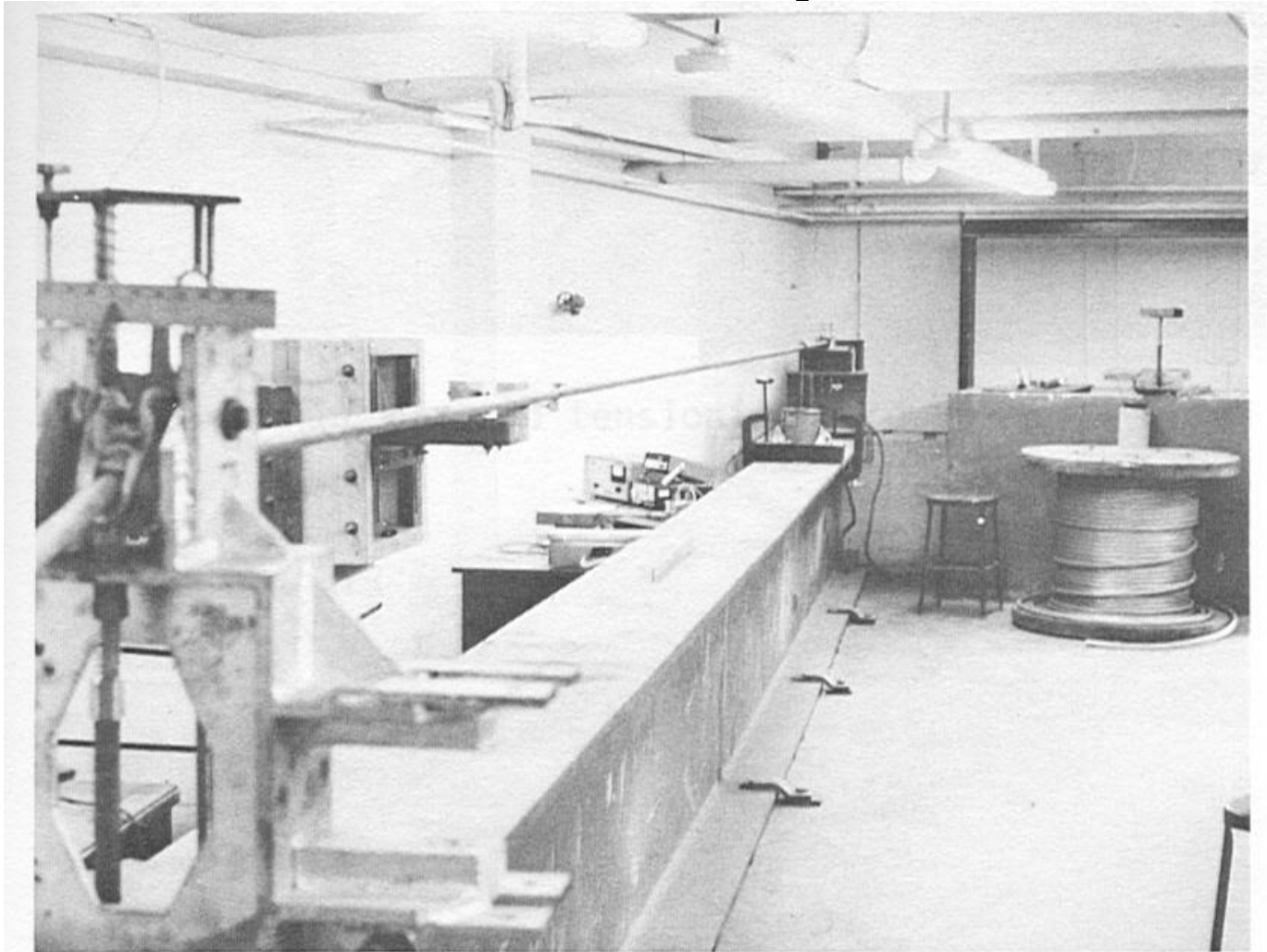
**- ПО АМПЛИТУДЕ ОТКЛОНЕНИЯ,
ИЗМЕРЕННОЙ НА РАССТОЯНИИ 89
ММ ОТ ЗАЖИМА (3)**

ФОРМУЛЫ ПОЛУЧЕНЫ ИЗ УРАВНЕНИЯ ПОФФЕНБЕРГЕРА-СВАРТА

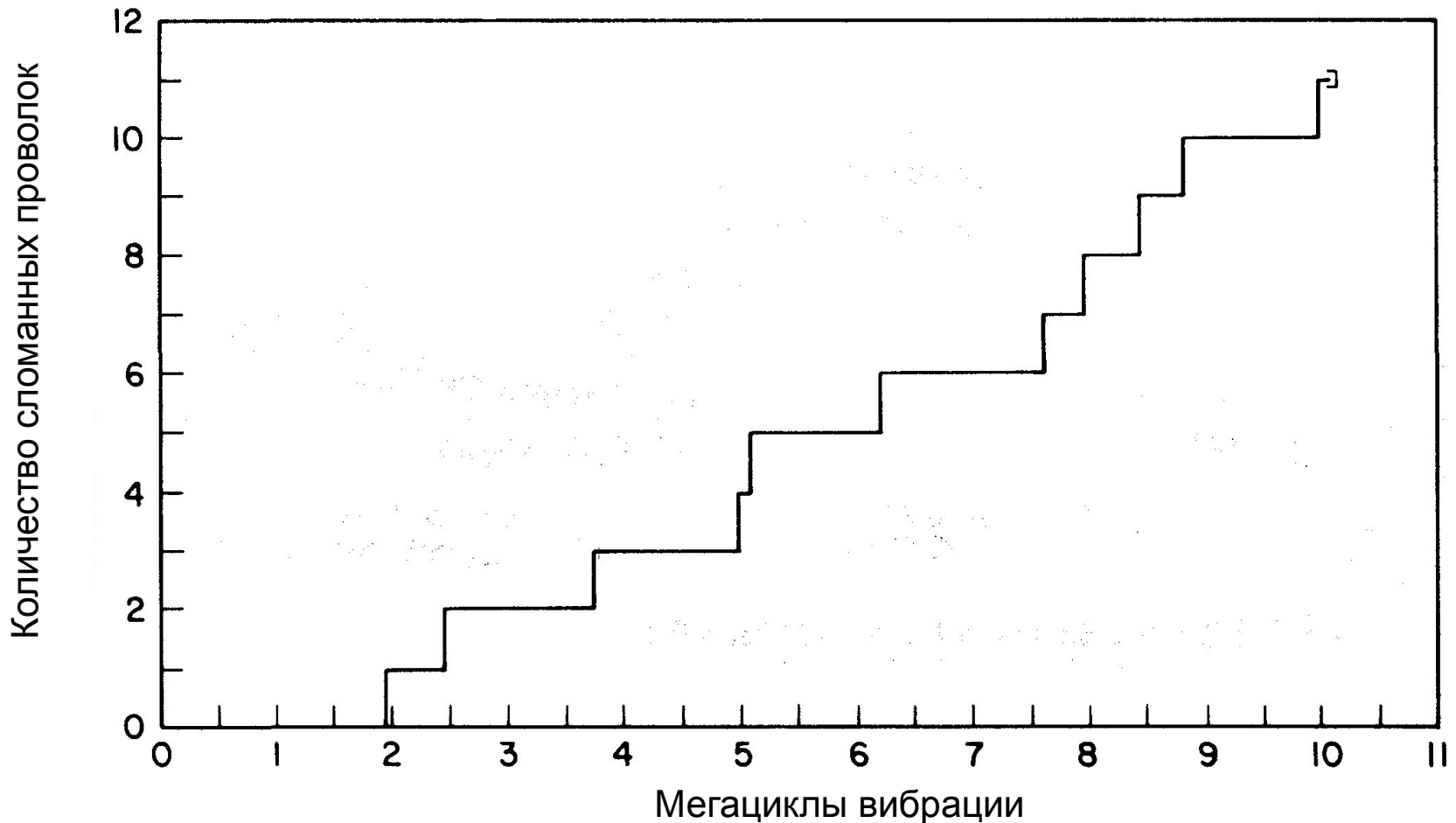
Динамическое изгибное напряжение, базирующееся на тензометрических измерениях, как функция $f_{y_{max}}$. Прямая – расчет по (2)



Испытательный пролет в Auburn University

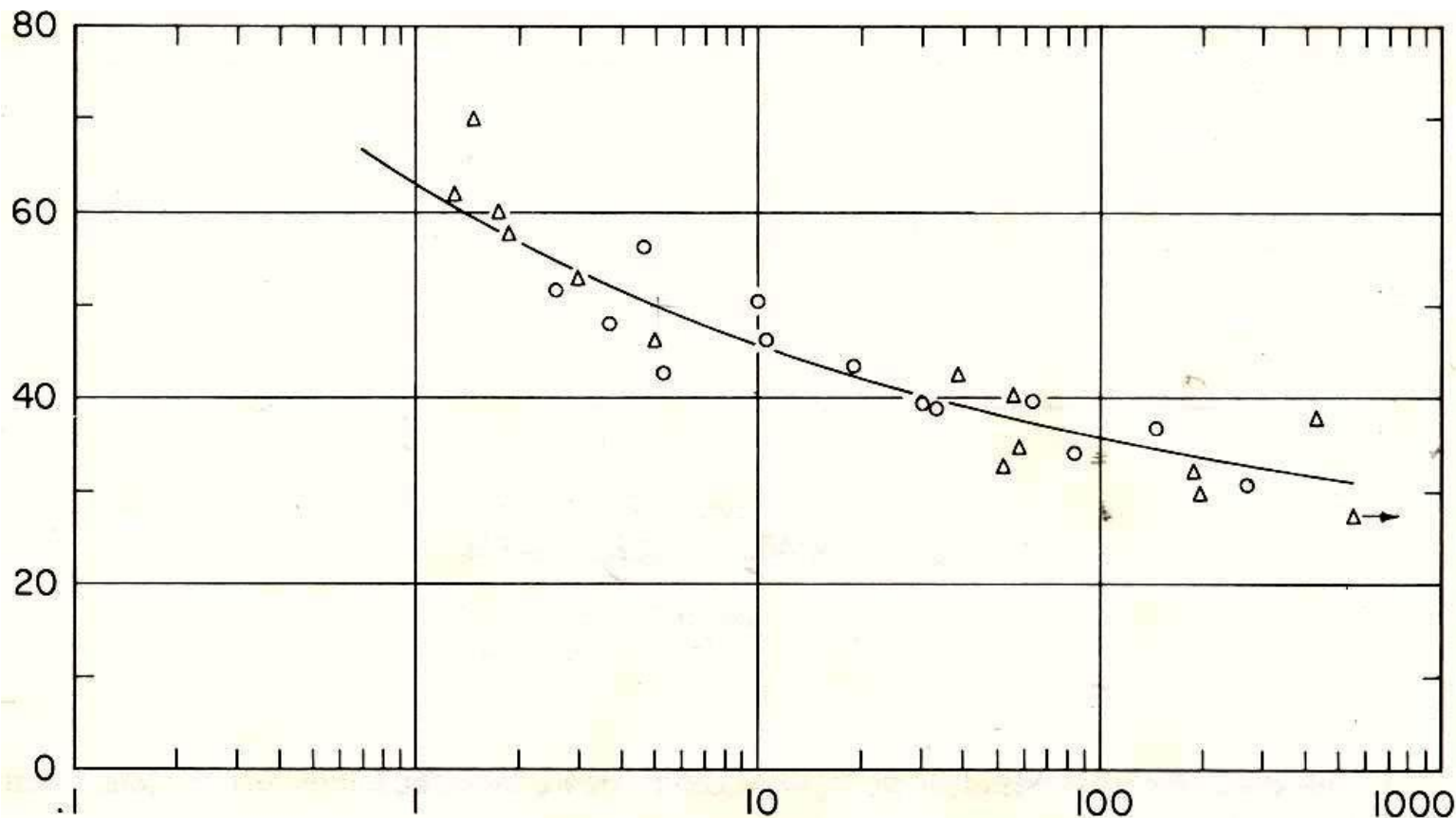


Испытания проводятся до тех пор
пока повивы не начнут разрушаться



Результаты испытаний

Вычисленное напряжение изгиба σ_a в
проводе в внешнем повороте
(амплитудное значение), МПа

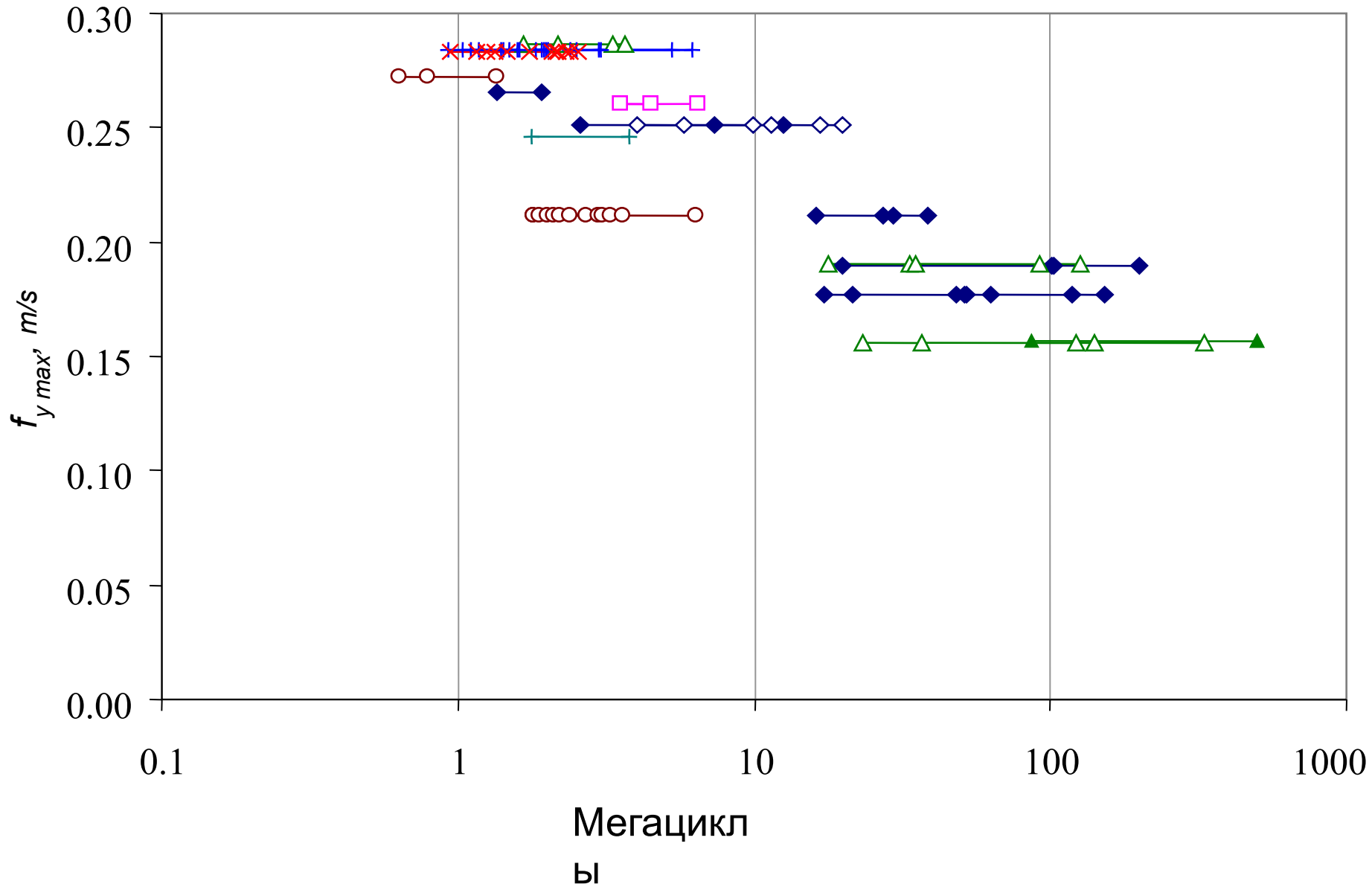


Логарифм среднего значения N (N - мегациклы до повреждения)
o Однопровитный сталеалюминиевый провод марки ACSR в
зажимах типа "BM"

Δ Провод 1/0 ACSR в поддерживающих зажимах

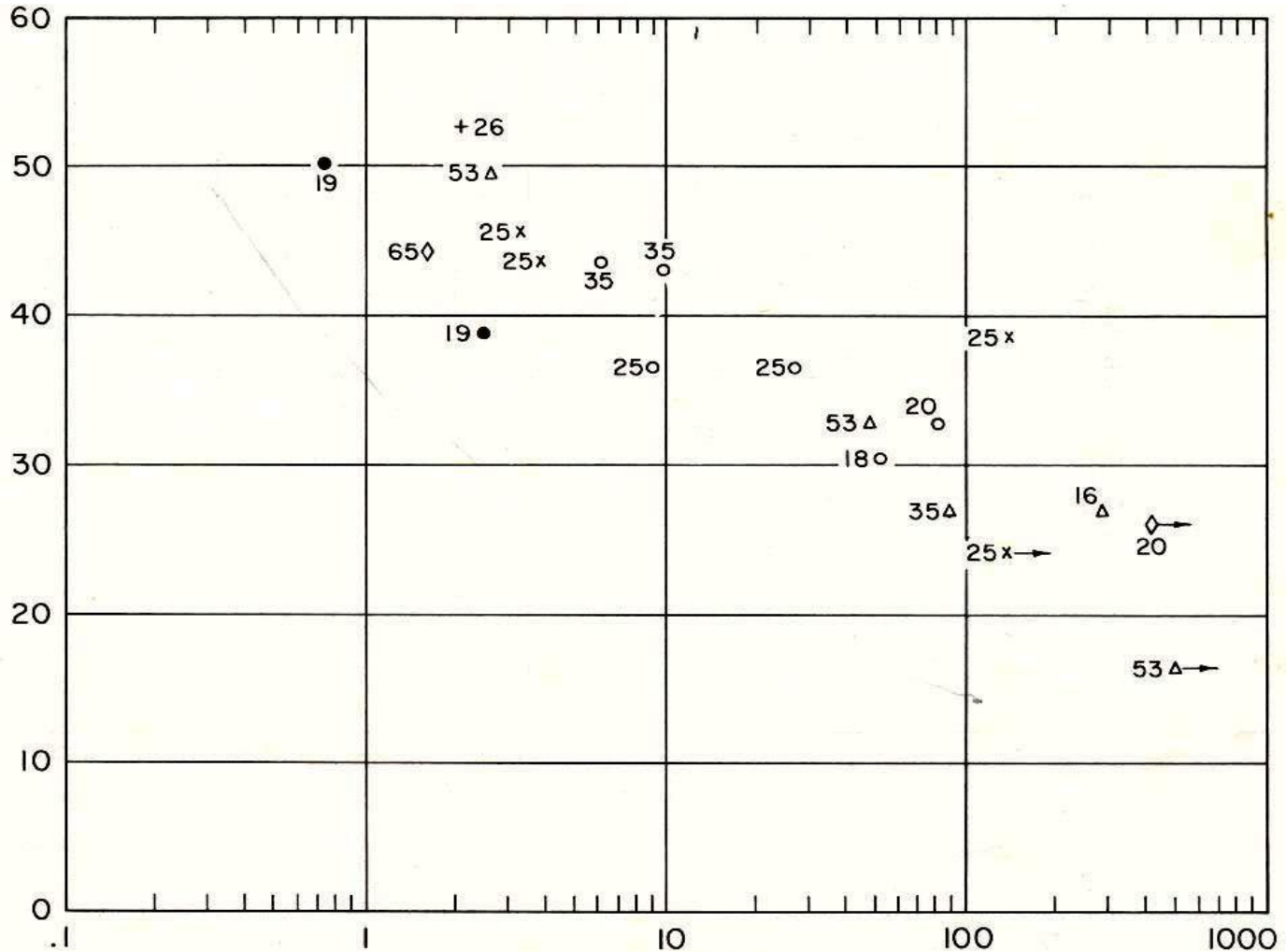
Представлены данные 66 испытаний. Вычисления σ_a – по ур-ю (2)

Результаты испытаний



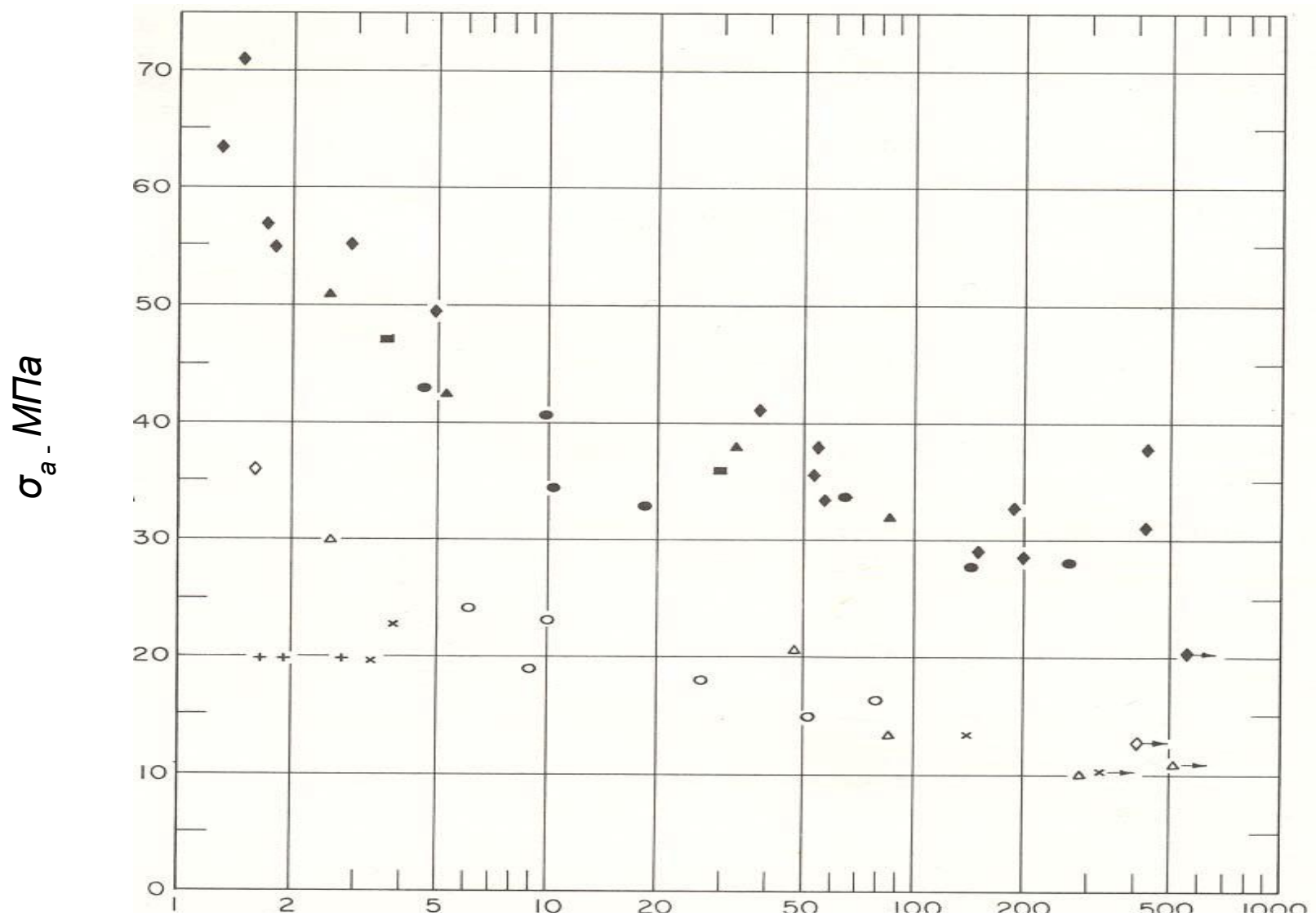
Испытания на усталость многопровитного сталеалюминиевого провода марки ACSR. Представлены данные 68 испытаний. Значения σ_a рассчитаны по уравнению (2). Числа означают тяжение в процентах от номинальной прочности

Вычисленное напряжение изгиба σ_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 σ_a рассчитаны по уравнению (2.15)

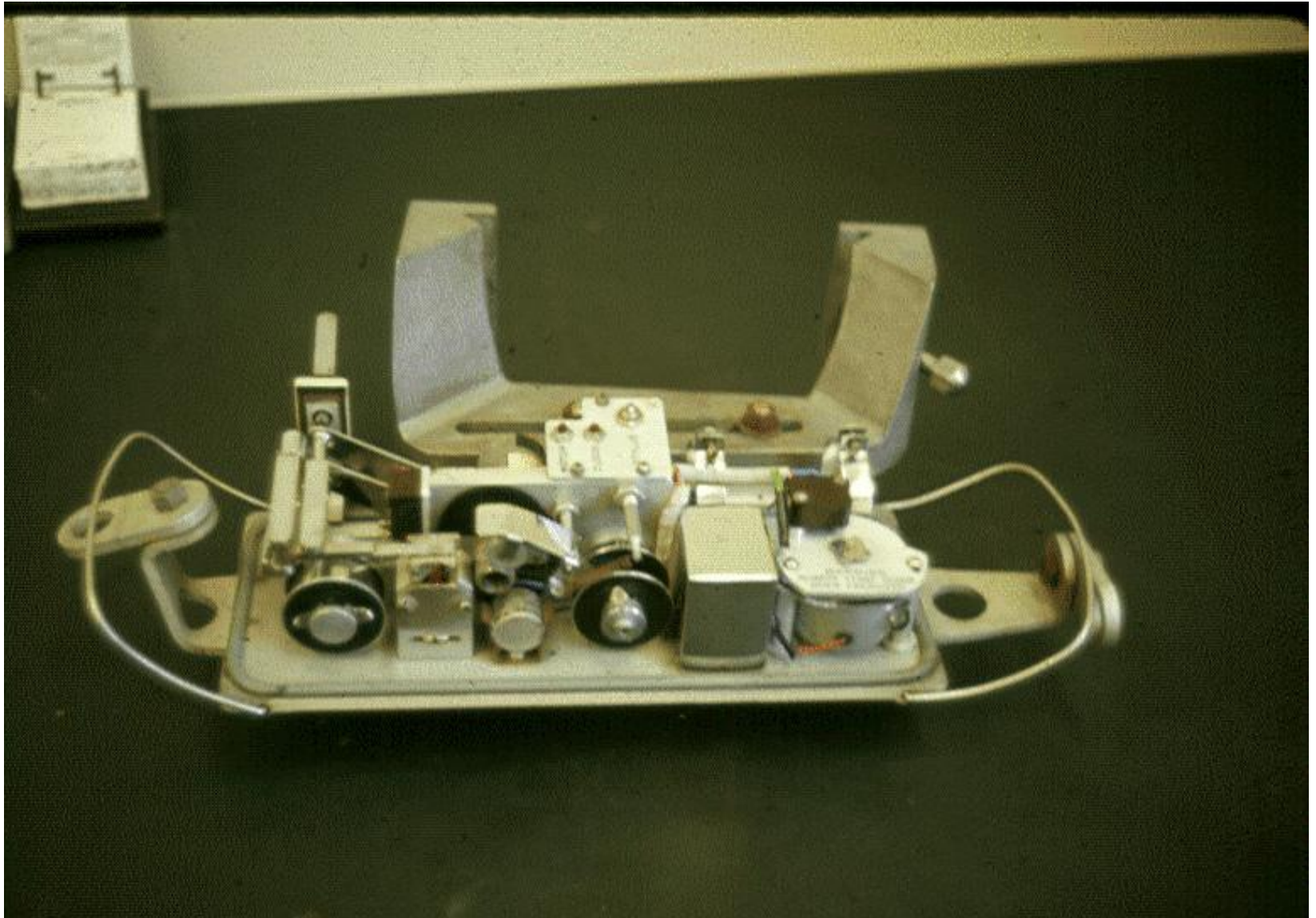


Логарифм среднего значения N (N – мегациклы до повреждения)

Самописец Ontario Hydro



Самописец Ontario Hydro



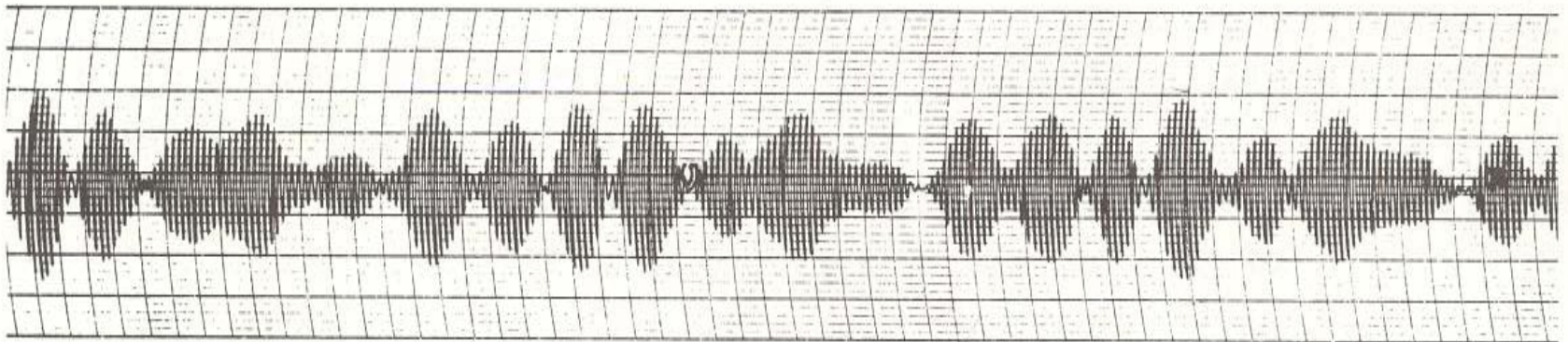
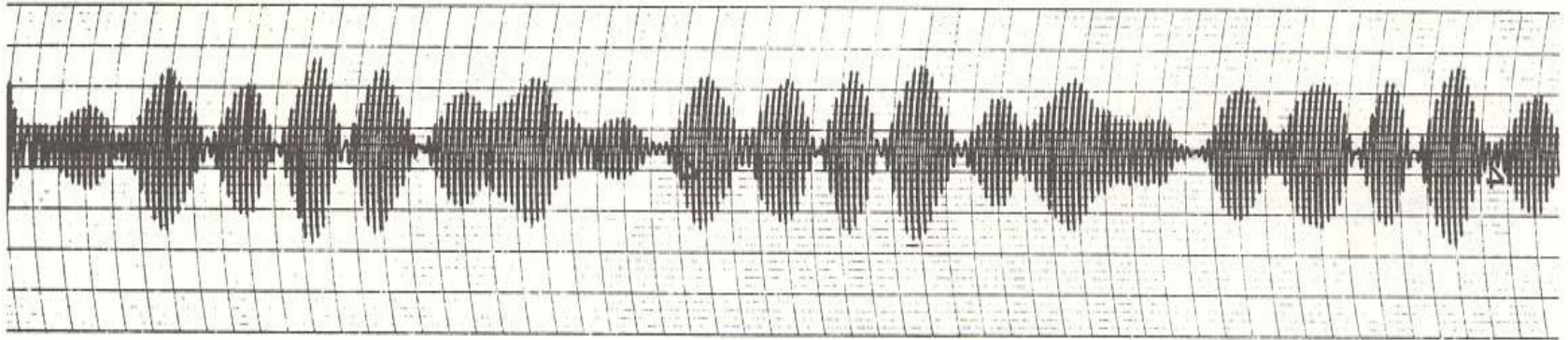
В современных самописцах используют микропроцессоры и электрические датчики



В современных самописцах используют микропроцессоры и электрические датчики



Расшифровка записей



Представление результатов

Presentation of Results

amplitude [μm]																
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