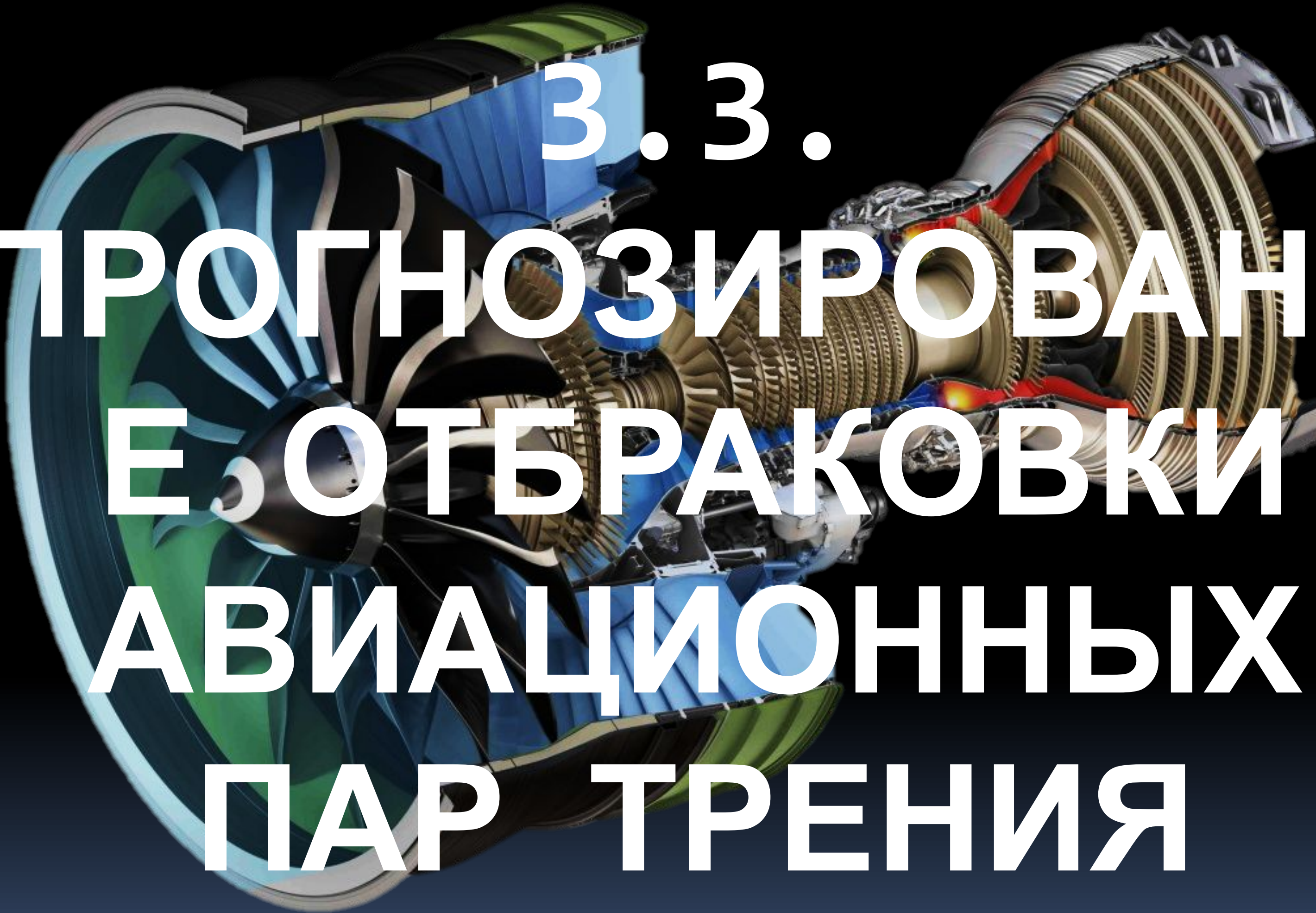
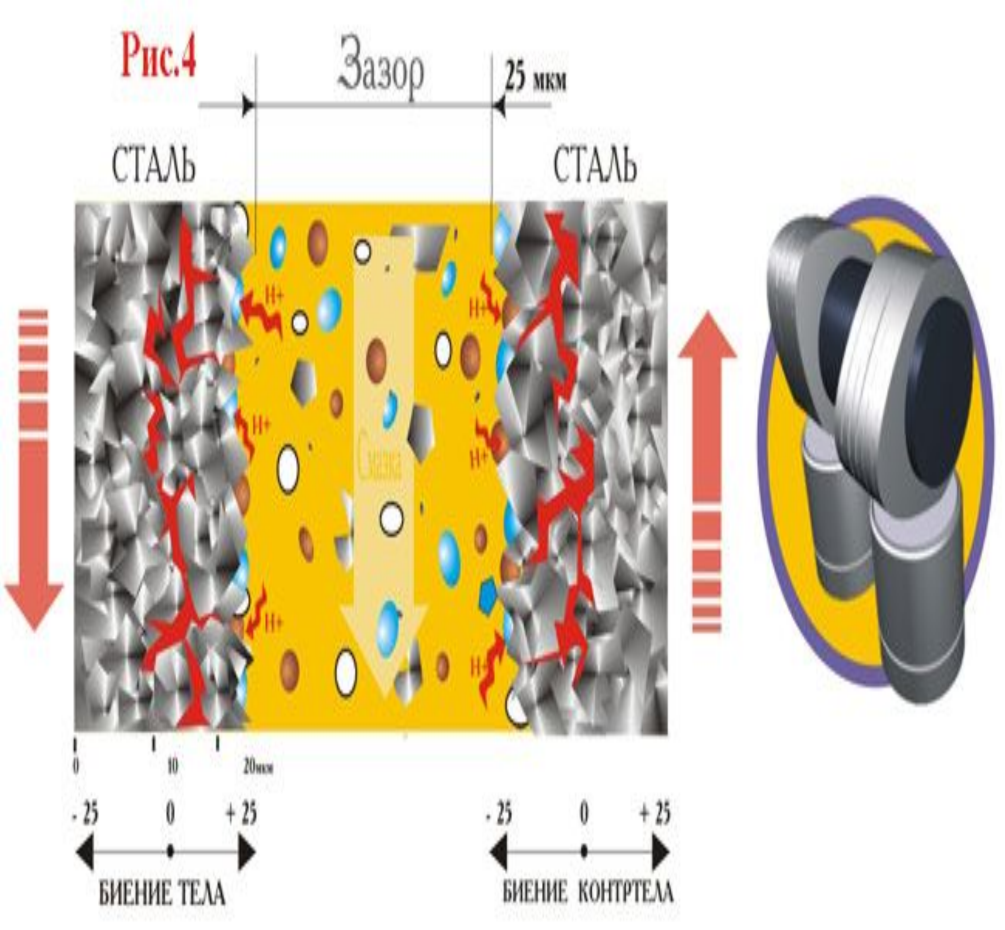
3.3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТБРАКОВКИ АВИАЦИОННЫХ ПАР ТРЕНИЯ



Для прогнозирования

отбраковки авиационных пар трения необходимо **знать**:

- какому **закону** подчинено ***распределение*** зазоров около **среднего** значения при ***заданной*** наработке**;**



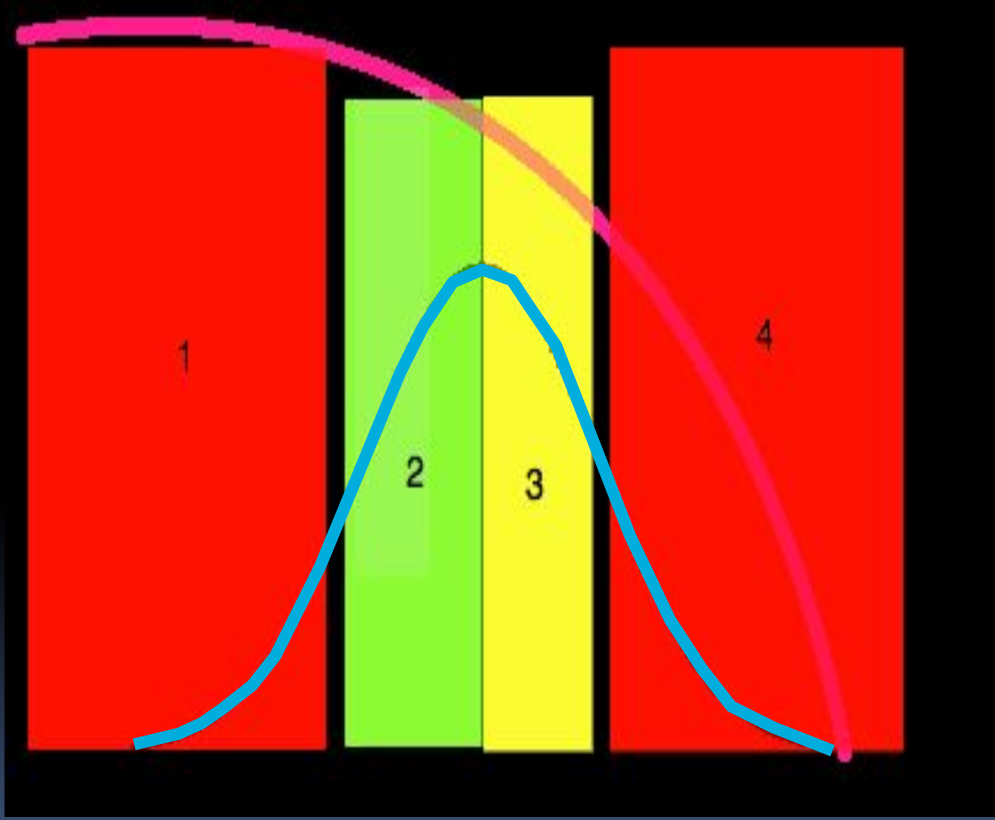
Располагать

статистическими данными, *необходимыми* для вычисления ***параметров*** этого закона,

- а также **знать** величину ***допустимого*** ремонтного зазора для **неразукомплектовываемых** пар.

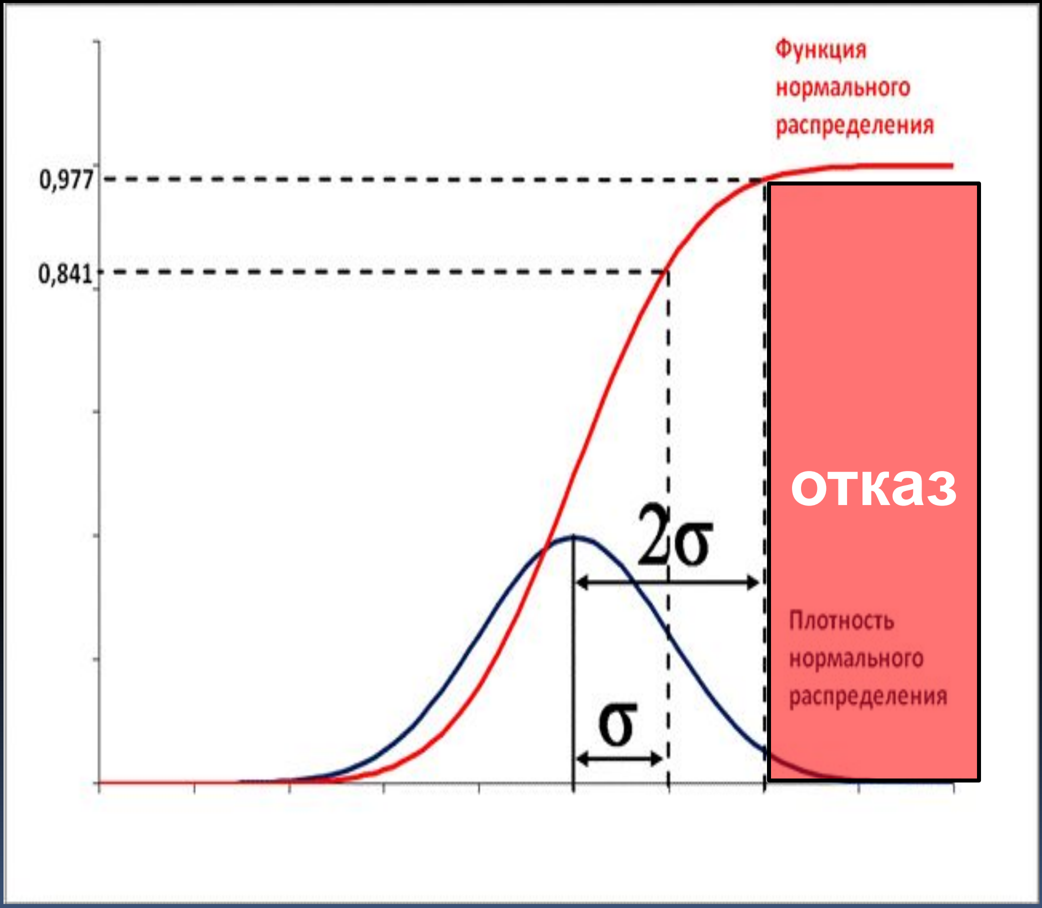
Одним

из наиболее **часто** встречающихся законов, достаточно **достоверно** отражающем **разброс** размеров ***изношенных*** деталей, является ***нормальное*** распределение.



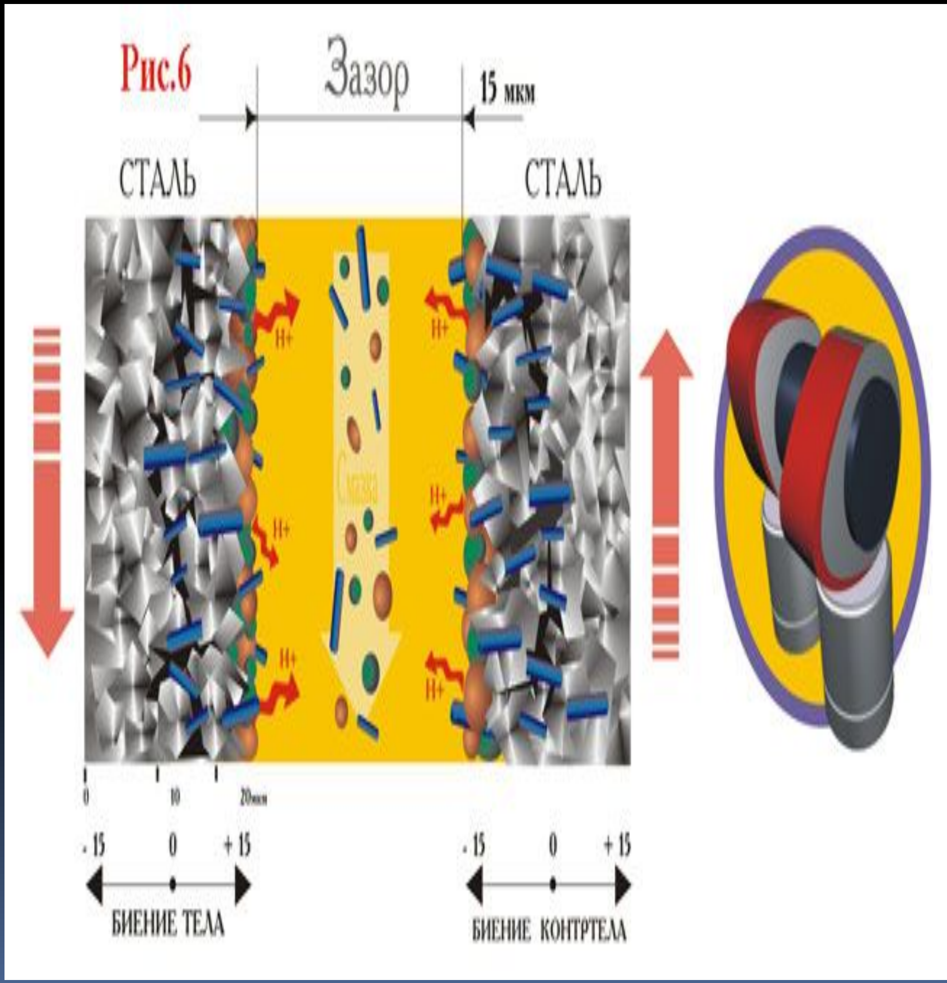
Основным признаком

соответствия распределения этому закону является *линейное* накопление эксплуатационных повреждений, приводящее в конечном итоге к отказу.



Повреждением

Для авиационных пар трения можно считать **величину** зазора *непрерывно* **увеличивающегося** при **возрастании** наработки.



Эта закономерность

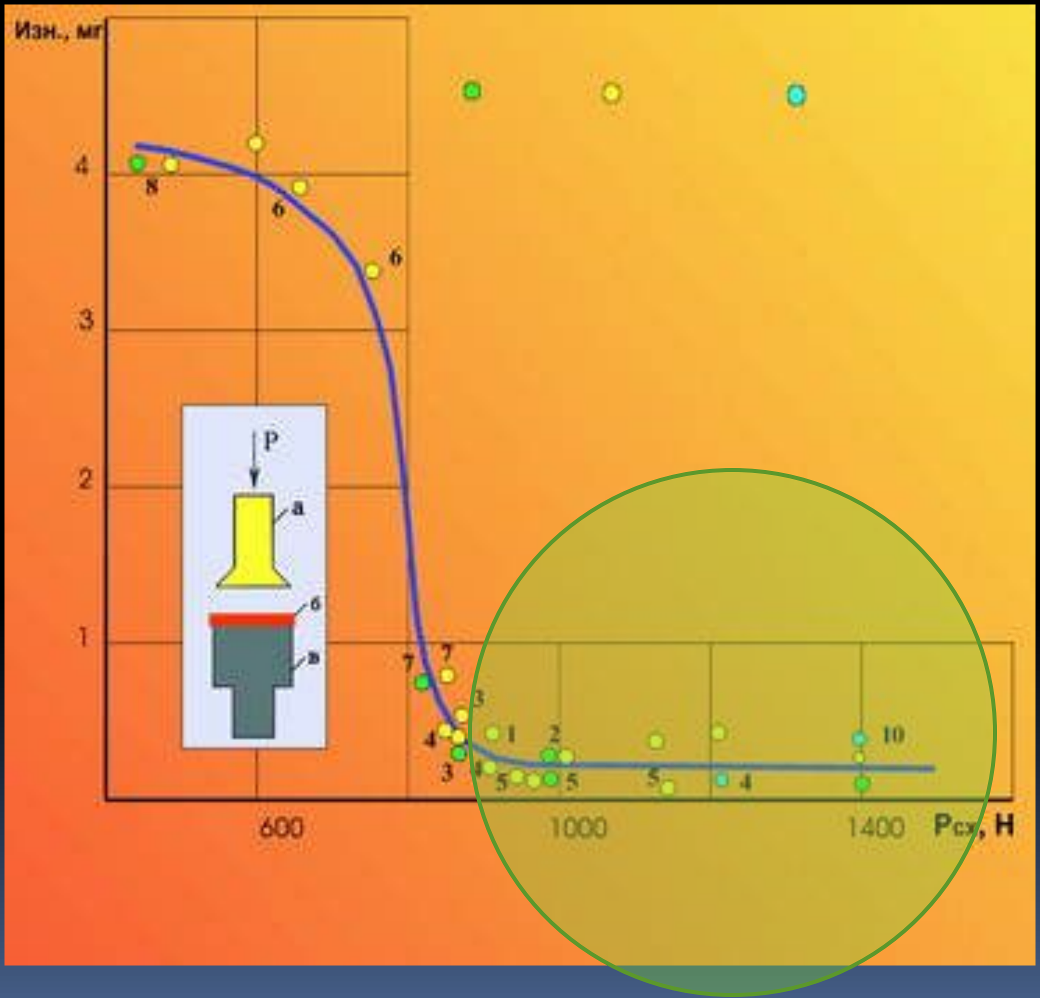
в период

установившегося

изнашивания

близка **к**

линейной



Поэтому в дальнейшем

примем, что **распределение** зазоров изучаемой *совокупности* пар трения подчинено **нормальному** закону.

- Это **допущение** будет **проверено** при обработке **статистических данных** по данным ***отбраковки*** авиационных пар трения при **первых** ремонтах авиационной техники.

Плотность

- распределения зазоров в парах трения для нормального закона имеет вид .
- $$Y(S)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}e^{-\frac{(S-S_{\text{ср.}})^2}{2\sigma^2}}$$
- Для определения входящих сюда среднего зазора $S_{\text{ср.}}$ и среднего квадратического отклонения σ необходимо располагать статистическими данными при двух наработках.
- Обычно это наработки, соответствующие первому и второму ремонтам.

Среднее

- значение зазора при каждой наработке определяется по **формуле** :
  - $S_{ср.} = \sum_{1}^{n} \frac{S_i}{N}$ *;*
- Где: S_i - i-е частное значение зазора;
- N- суммарное количество продефектированных пар.

Среднее

- квадратическое отклонение, характеризующее разброс зазоров около среднего значения, определяется по **формуле** :

- $$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(S_i - S_{\text{ср.}})^2}{N-1}} \qquad ;$$

Проверка

- справедливости допущения
  о нормальном распределении зазоров около среднего значения проводится по величине коэффициента(S_A) .
- $$S_A = \frac{\sum_1^n (S_i - S_{ср.})^3}{N\sigma^3}$$

Для

- нормального закона S_A равно или близко к нулю.
- При $S_A > 1$ распределение является существенно асимметричным.
- Для такого варианта предлагаемая методика прогнозирования не пригодна.

Определив

- величины средних зазоров и средних квадратических отклонений при наработках τ_1 и τ_2 сравниваем отношения :
- $$\frac{\sigma}{S_{\text{ср.}}}$$

Если:

- $$\frac{\sigma_1}{S_{\text{ср}.1}} \cong \frac{\sigma_2}{S_{\text{ср}.2}}$$

,то для определения среднего значения величины зазора $S_{\text{ср}.3}$, соответствующего наработке τ_3, пользуемся равенством (12).

- Величину σ_3 найдем из равенства
  - $$\frac{\sigma_2}{S_2} = \frac{\sigma_3}{S_3}$$

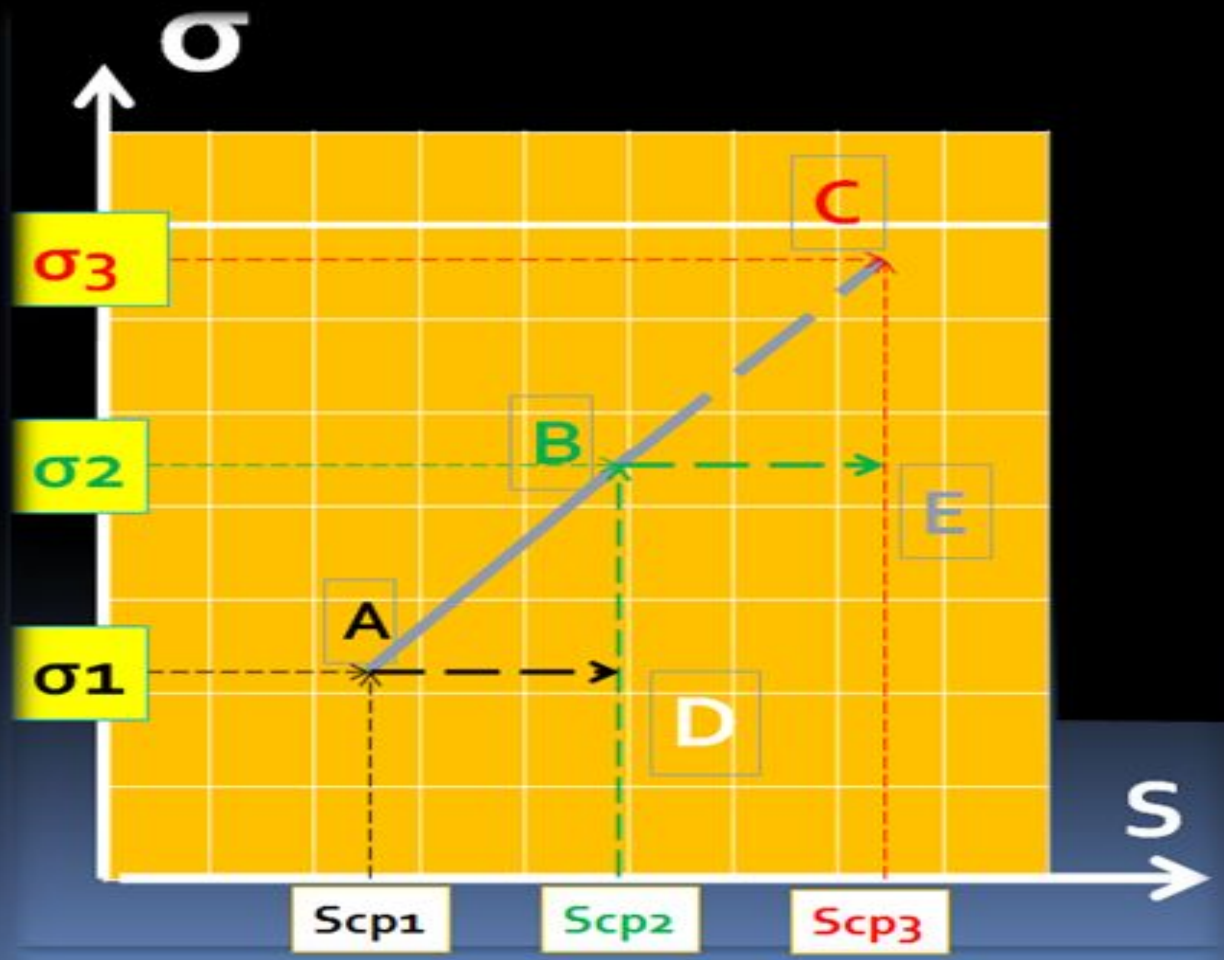
Если

- условие σ/S= Const **не выполняется**, то расчет величины $S_{ср.3}$ выполняют по формуле (8):

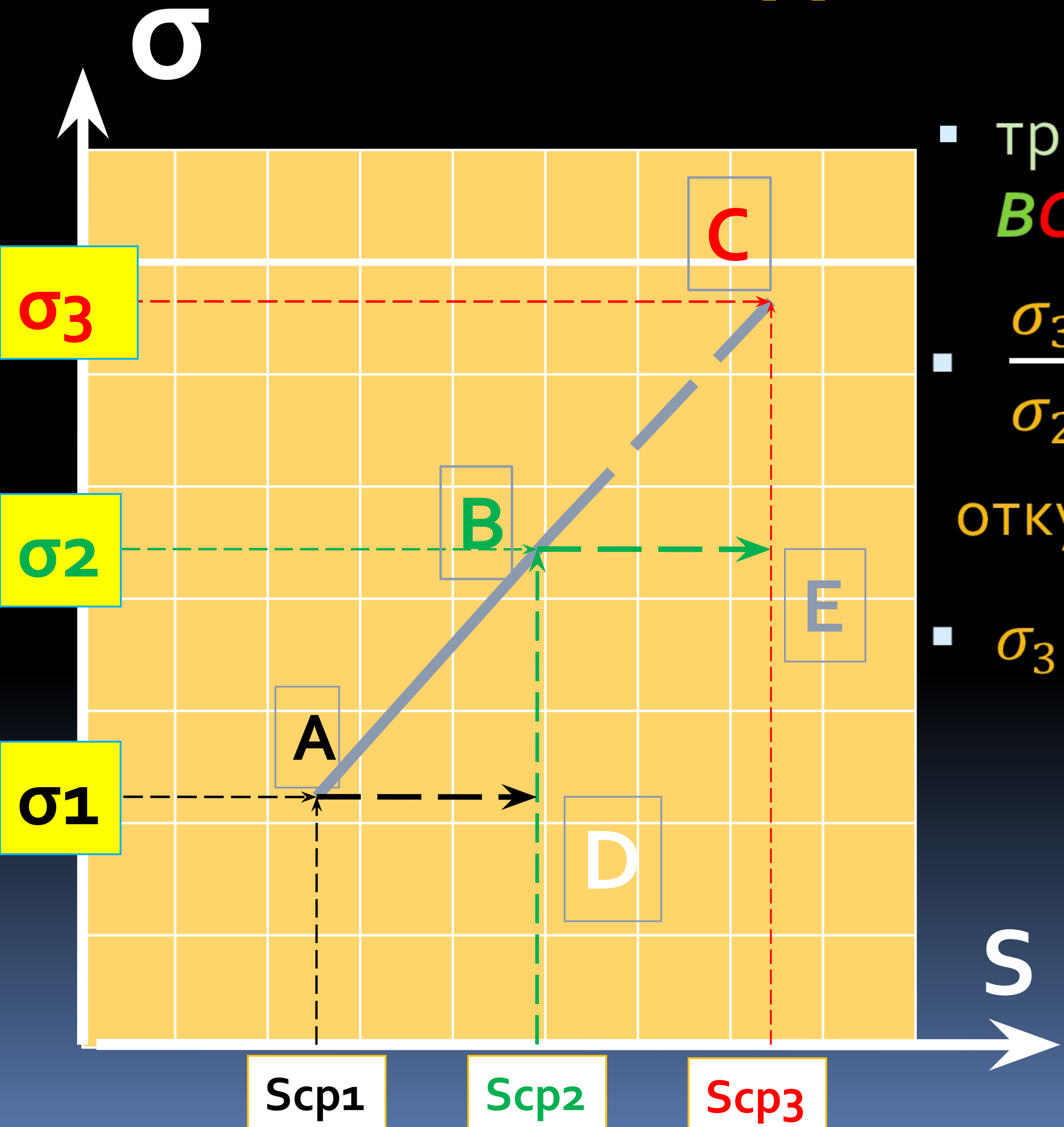
$$S=(S_1+\delta)\,10^{\frac{\tau-\tau_1}{T}}-\delta; \qquad (8)$$

Для определения

- σ_3 примем **линейную** зависимость **изменения** σ по S



Из подобия

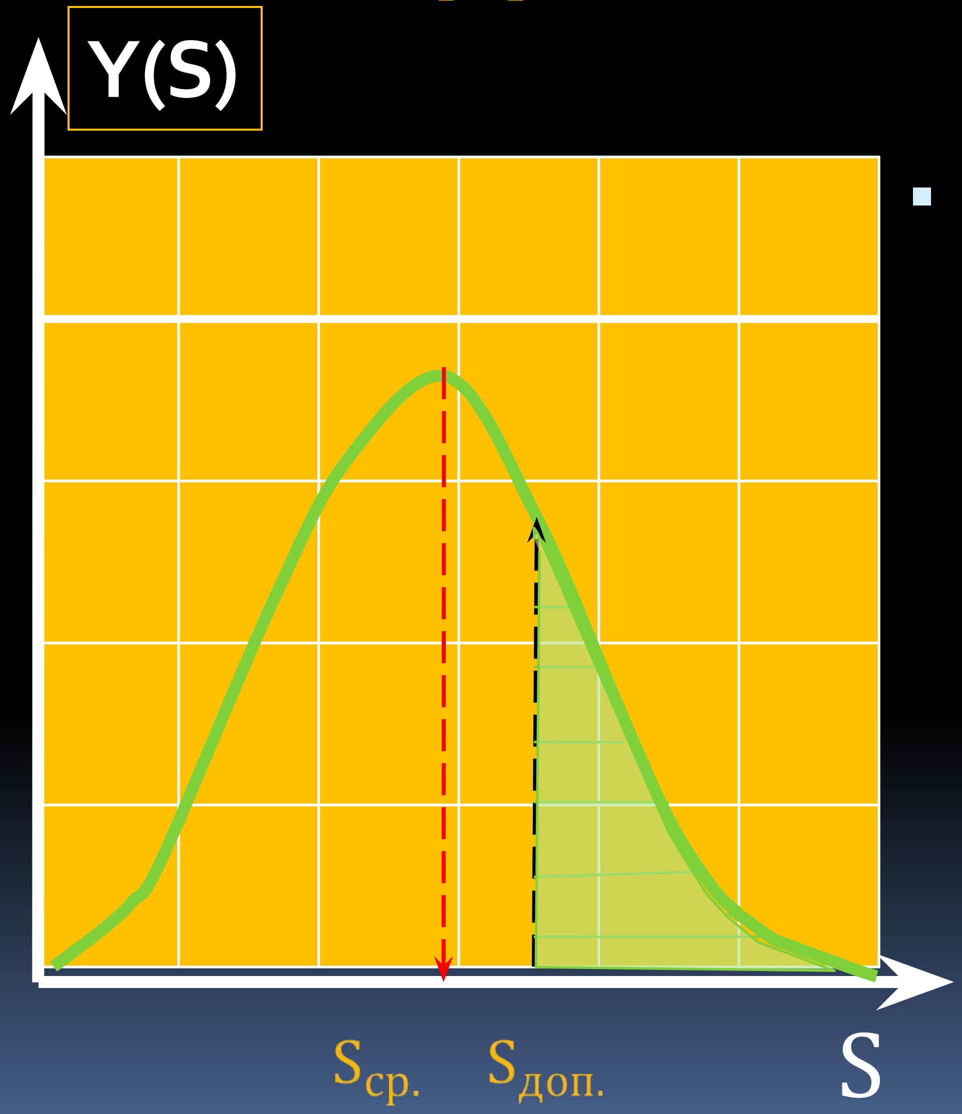


- треугольников *ABD* и *BCE* следует
- $$\frac{\sigma_3-\sigma_2}{\sigma_2-\sigma_1} = \frac{S_{ср.3}-S_{ср.2}}{S_{ср.2}-S_{ср.1}};$$

откуда:

- $$\sigma_3=\sigma_2+\frac{S_{ср.3}-S_{ср.2}}{S_{ср.2}-S_{ср.1}}(\sigma_2-\sigma_1)$$

Доля отбраковки



- деталей **с начала** эксплуатации пар трения до ***накопления*** зазора $S_{ср.}$ представлена **заштрихованной** частью **площади** под **кривой** на рис. **3.9.**

Отбраковываются

- ***все*** пары **трения**,

  у которых

  величина зазора

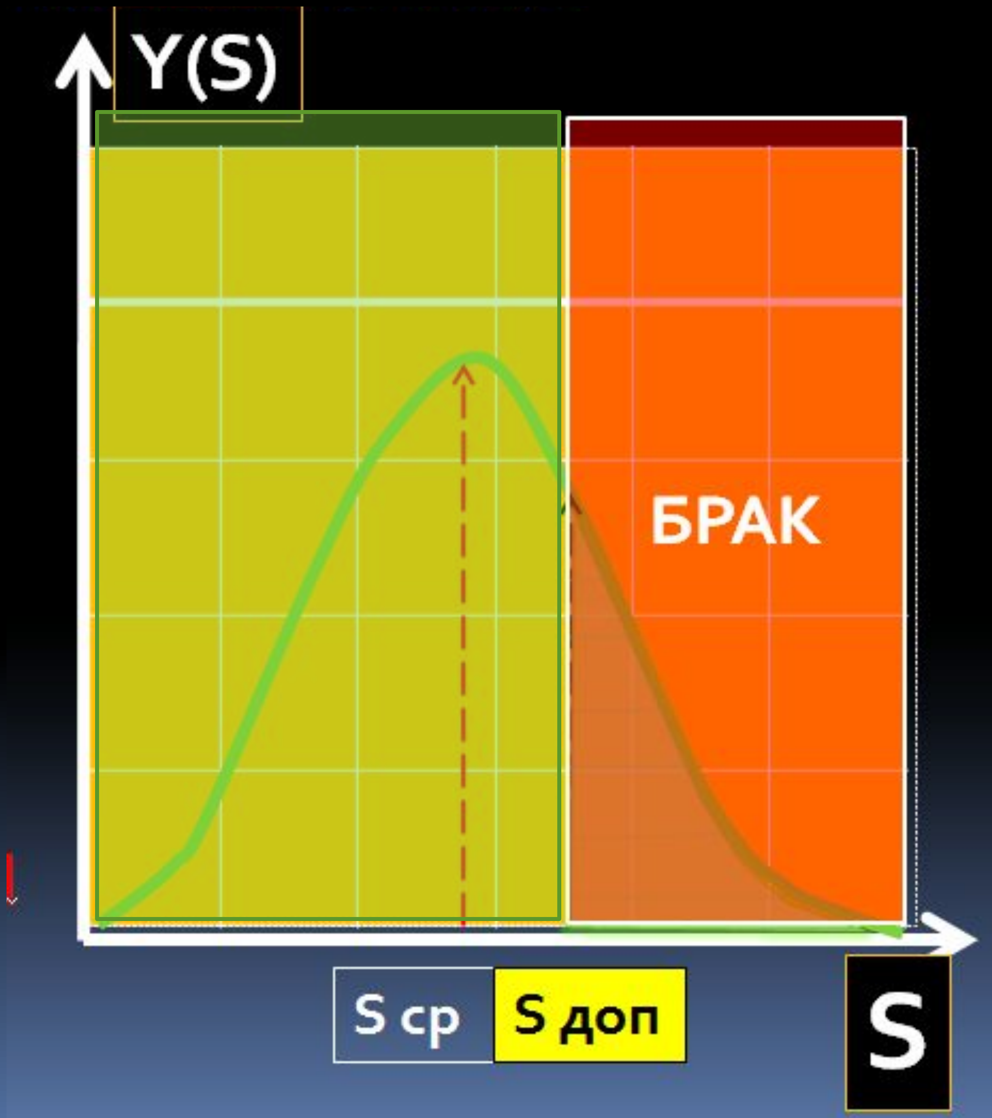
  превышает

  допустимую

  $S_{доп.}$

Доля пригодных

- к дальнейшей эксплуатации пар трения равна площади *незаштрихованной* части под кривой $Y(S)$.
- Для *любого* значения $S_{доп.}$ она **равна**:
- $\mathbf{F}(S_{доп.}) = \int_{-\infty}^{S_{доп.}} Y(S)dS$ **;**



Представим

$F(S_{доп.})$ через функцию Лапласа

$$F(S_{доп.}) = 05 + \Phi(u)$$

- , где: $u = \frac{S_{доп.} - S_{ср.}}{\sigma}$ и $\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^u e^{-\frac{u^2}{2}} du$;
- Значение $\Phi(u)$ в зависимости от величины переменной u можно найти в таблице (см. в конце раздела) или вычислить по формуле (2).
  - $\Phi(u) = 0.478\ u^{1.04\sigma} \varepsilon_{xp}(-0.3\sigma\ u)$;
- Напомним, что знаки переменной u и функции $\Phi(u)$ совпадают.

Доля

- суммарной отбраковки пар трения с начала их эксплуатации до накопления среднего зазора $S_{ср.}$ равна
  - $$1 - F(S_{доп.}) = 0.5 - \Phi(u);$$

где: $$u = \frac{S_{доп.} - S_{ср.}}{\sigma}$$

Доля отбраковки

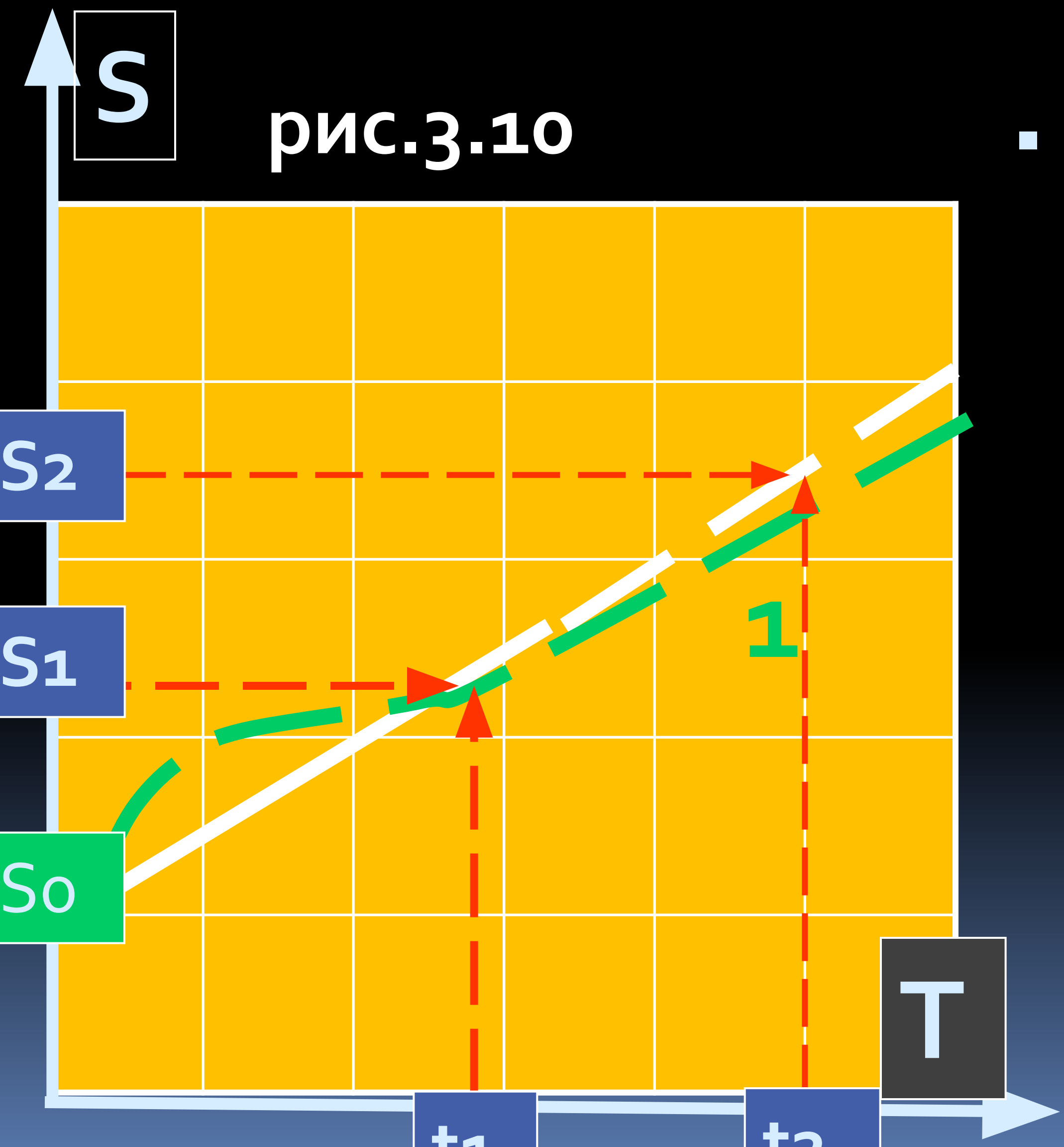
- за наработку от τ_2 до τ_3 , для которых известны средние значения зазоров и S_3 , величина средних квадратических отклонений σ_2 и σ_3 определяется как **разность**:
  - $[0.5 - \Phi(u_3)] - [0.5 - \Phi(u_2)] = \Phi(u_2) - \Phi(u_3)$
- Величины u_2 и u_3 равны .

$$u_2 = \frac{S_{доп.} - S_{ср.2}}{\sigma_2}; \quad u_3 = \frac{S_{доп.} - S_{ср.3}}{\sigma_3};$$

Итак,

для прогнозирования износа и отбраковки деталей необходимо иметь статистические данные о величинах зазоров для двух значений наработки на этапе установившегося изнашивания.

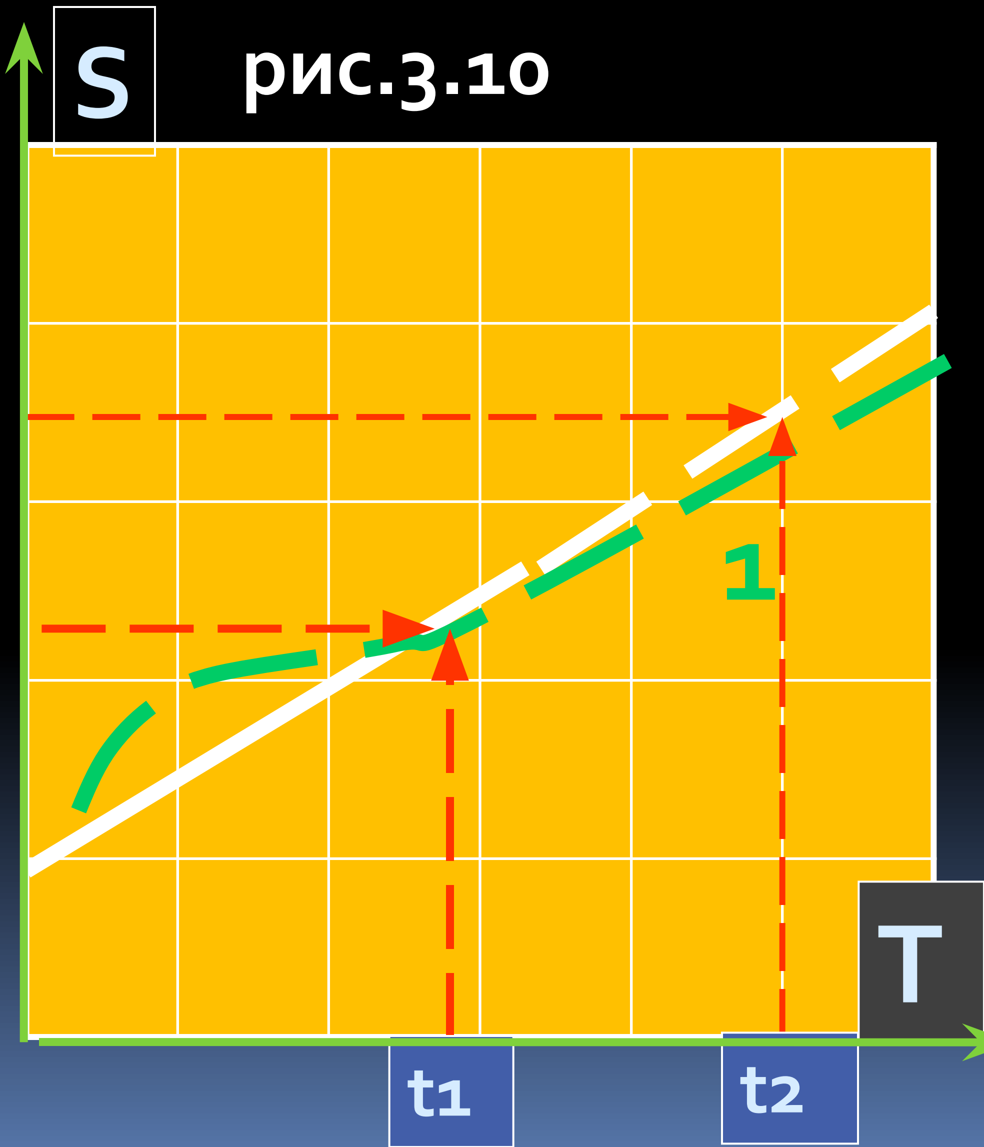
На рис. 3.10



- представлена **схема** определения **среднего** значения **зазора** $S_{ср.2}$ при наработке σ_2 , соответствующей ***второму*** ремонту летательных аппаратов.

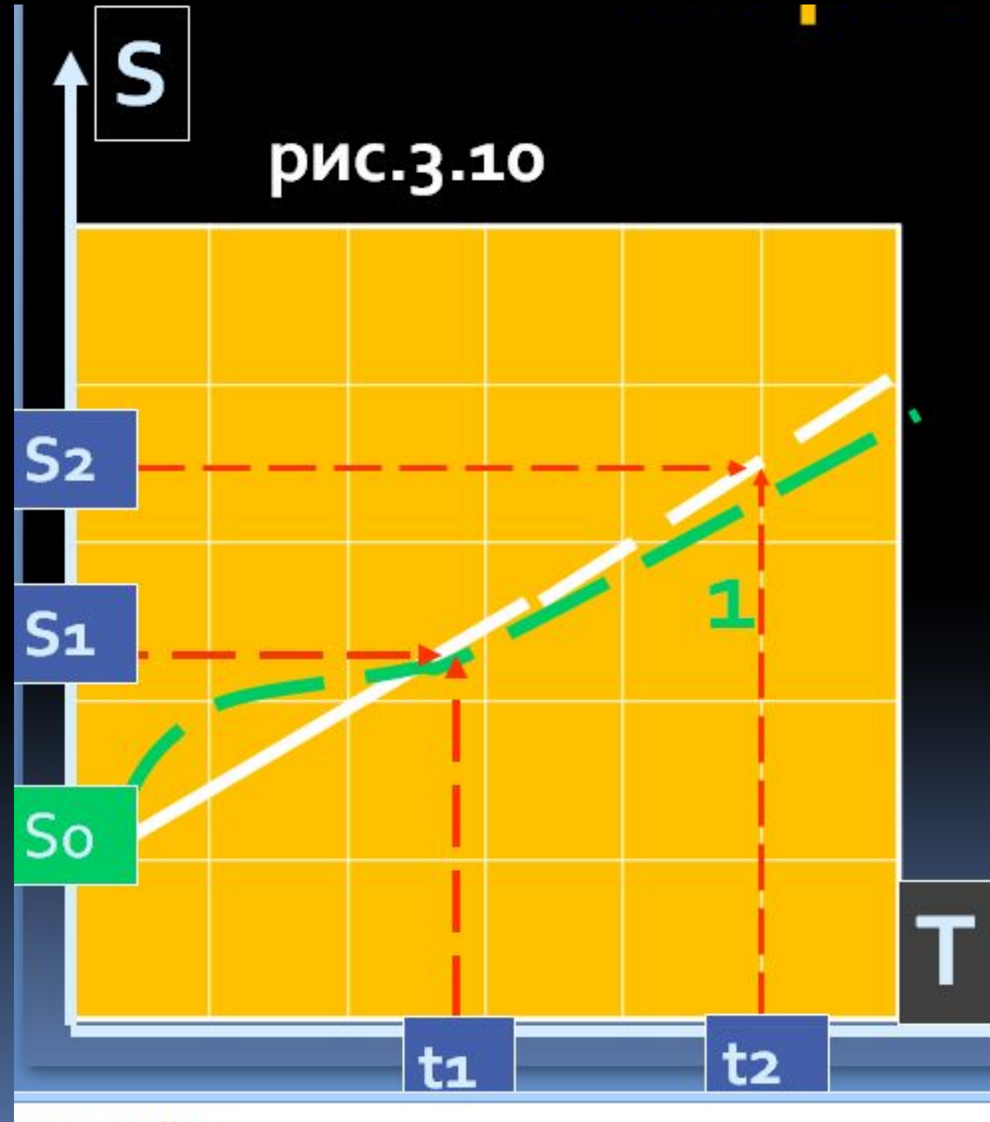
Пунктирной кривой 1

показано **изменение** величины **среднего** зазора в исследуемых парах**,** включая **период** ***приработки*.**



На этой

- кривой известны два значения зазоров:
- S_0 при τ_0 и S_1 при наработке τ_1 , соответствующей *первому* ремонту.

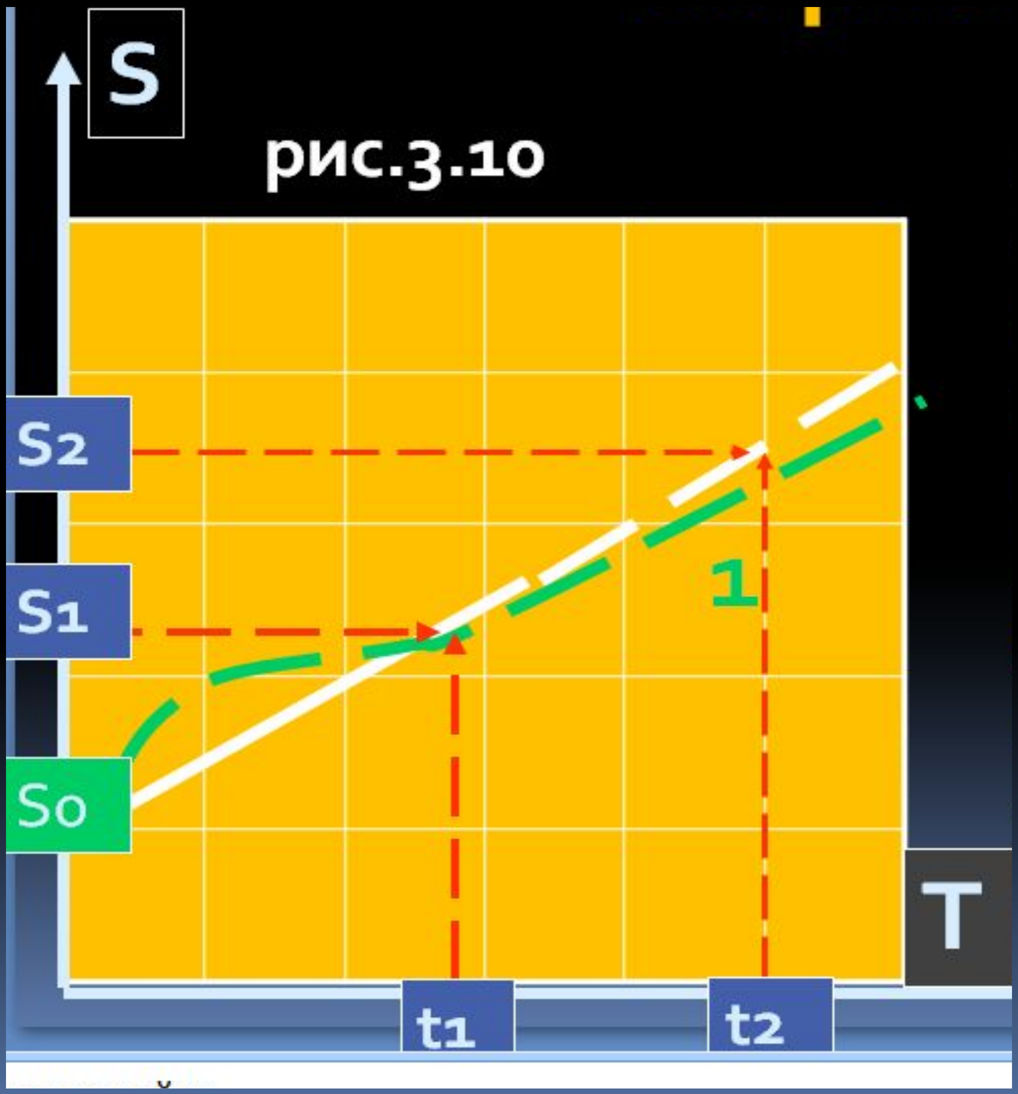


Через

две точки проведем прямую.

- Ее уравнение в общем случае имеет *вид*
    - $S = a + b\tau$

- , где a и b постоянные.



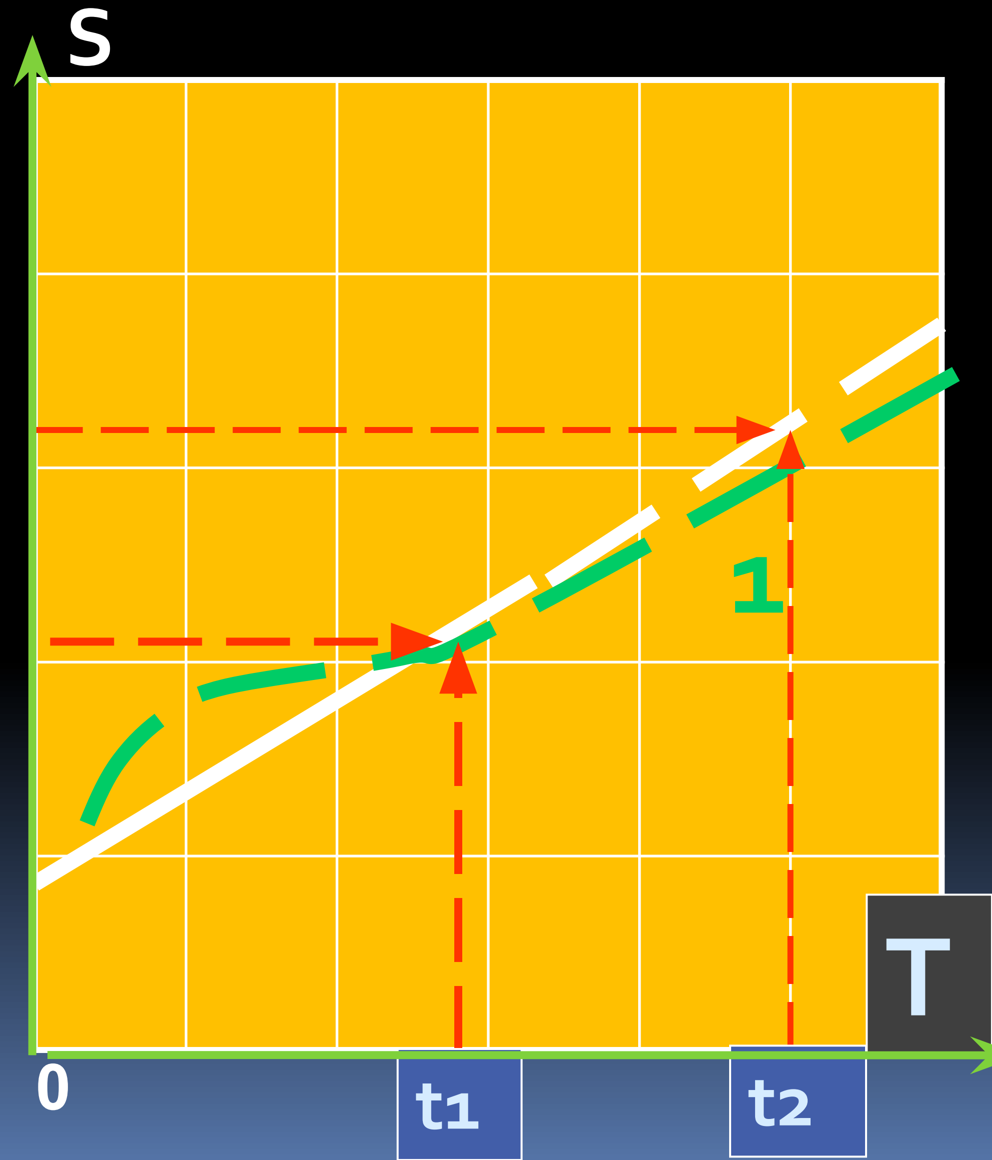
Из условия

- S=S_0 при τ=о и S=S_1 при τ_1 находим a= S_0

  и $b=\frac{S_1-S_0}{\tau_1}$;

- Следовательно, уравнение прямой линии имеет вид:

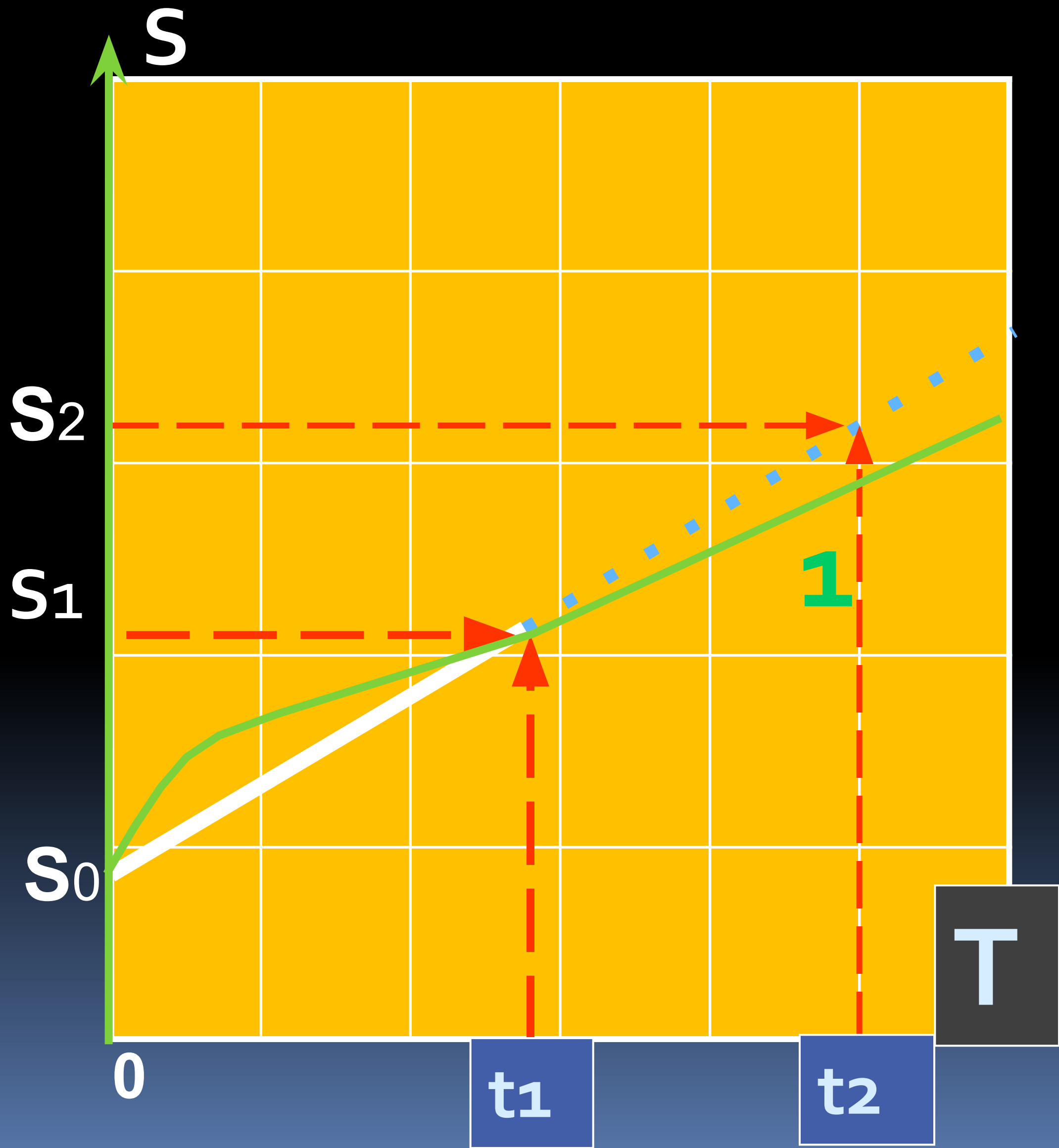
  - $S=S_0+\frac{S_1-S_0}{\tau_1}\tau$;



Продолжая

- эту прямую

до пересечения с вертикалью, проходящей через наработку τ_2, находим приближенную величину $S_{ср.2}$.



Из последнего

- равенства **следует:**

$$S_{\text{ср.1}} = S_0 + \frac{S_{\text{ср.1}} - S_0}{\tau_1}\tau_2 \;;$$

- Если наработка τ равна межремонтному ресурсу $\tau_{\text{р}}$, а $\tau_2 = 2\tau_{\text{р}}$, то величина $S_{\text{ср.2}}$ будет **равна:**

  - $S_{\text{ср.2}} = 2\,S_{\text{ср.1}} - S_0$

Значение $S_{ср.1}$

, входящее в последнее равенство, определяется на основании обработки статистических данных результатов *дефектации* пар трения при первом ремонте авиационной техники,

А S_0 -

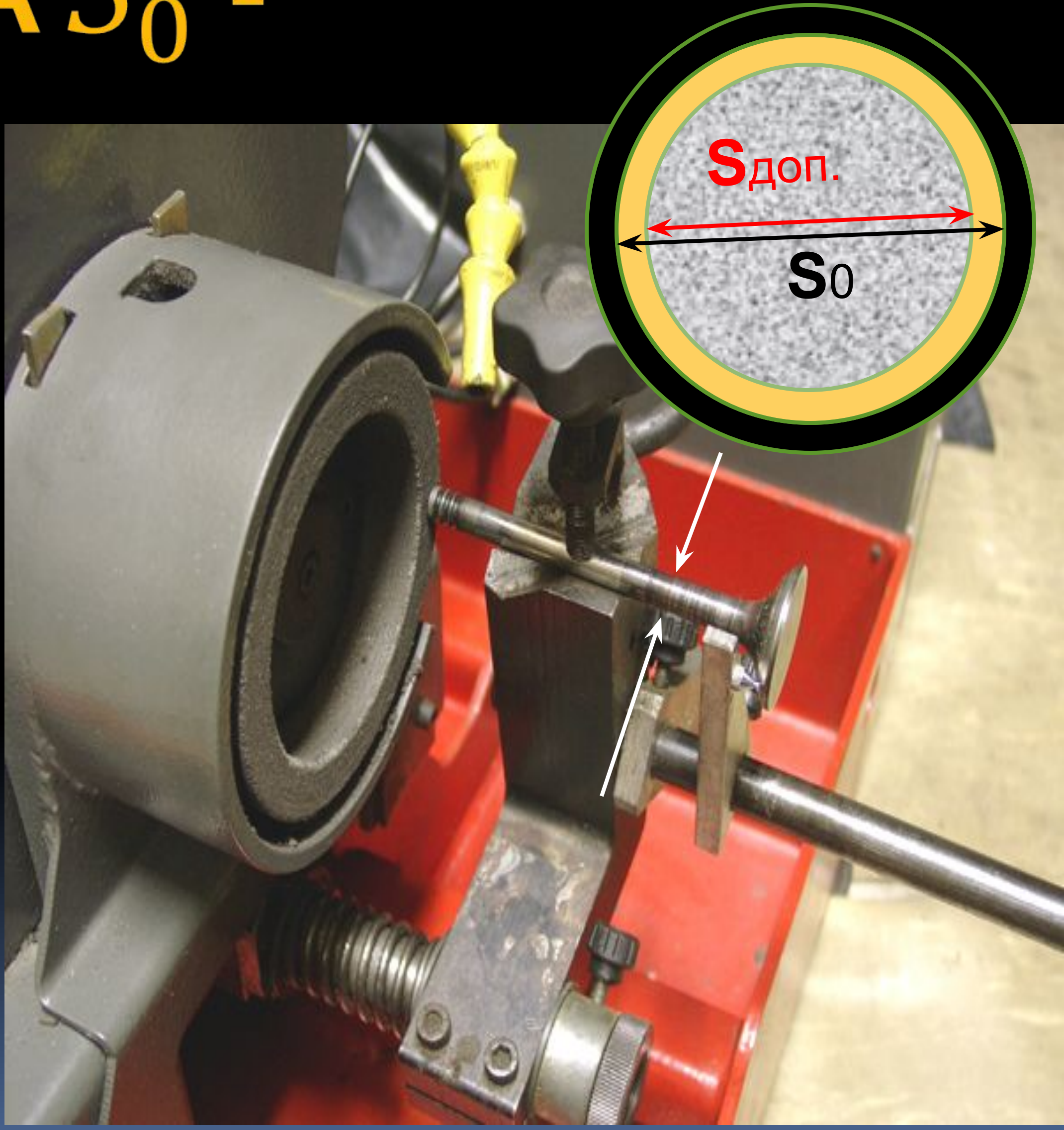
как среднее

арифметическое

величин зазоров

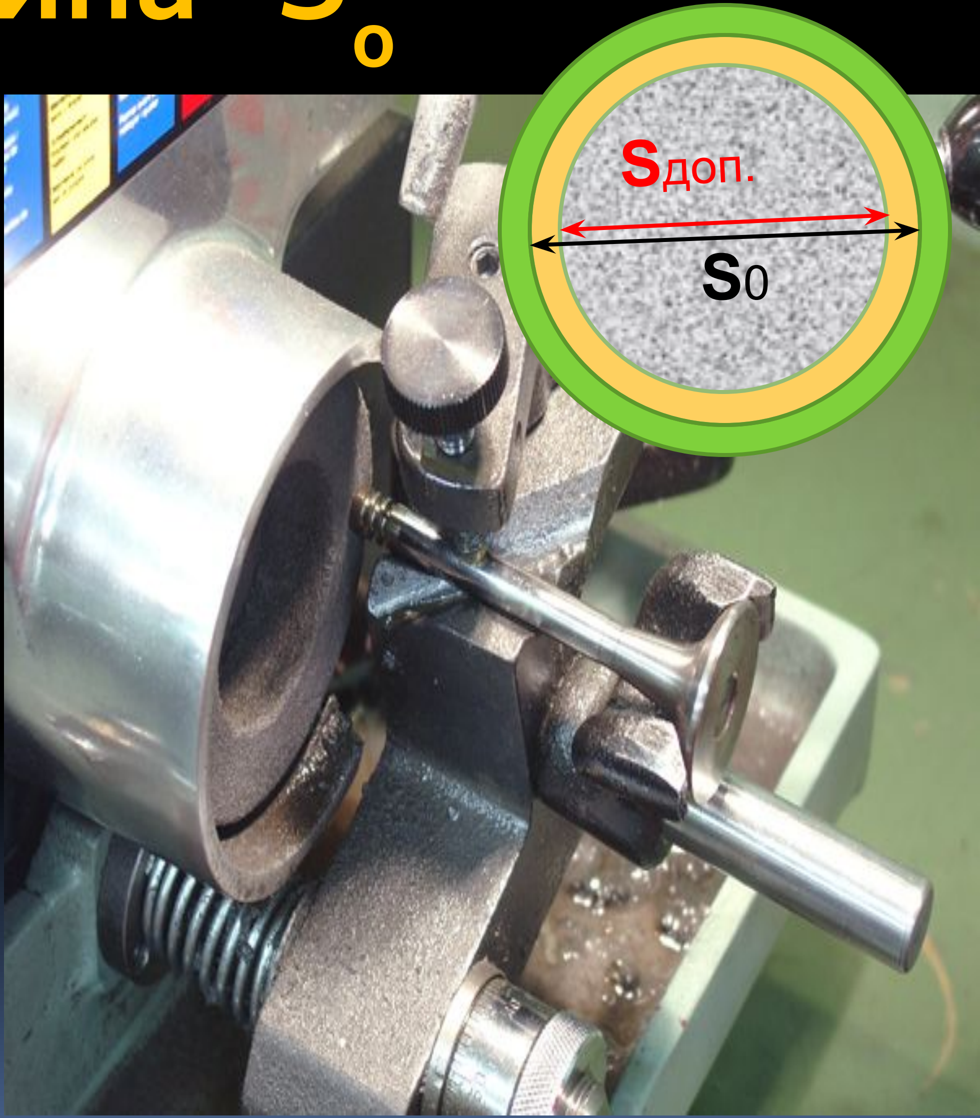
при *изготовлении*

изделий.



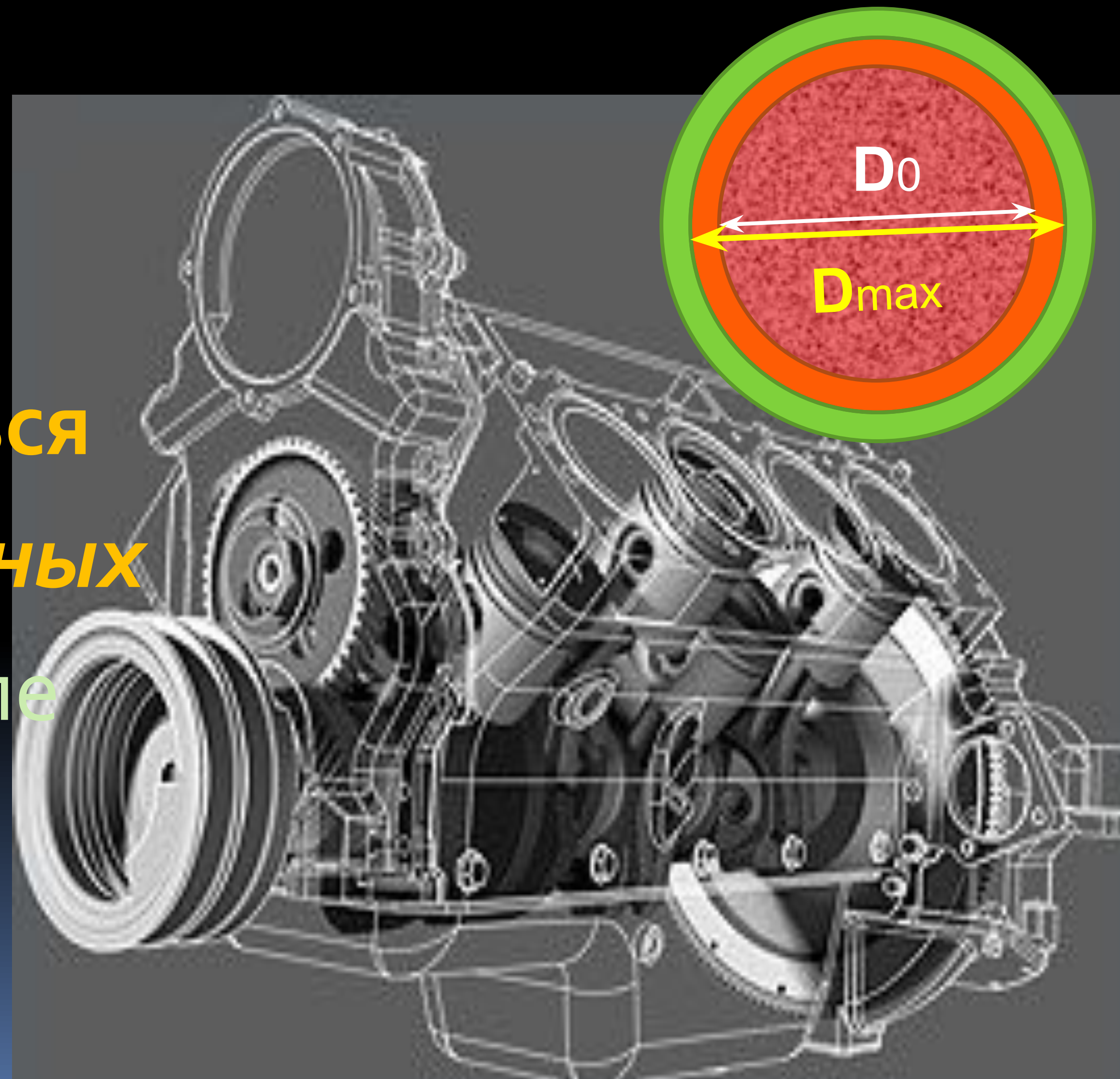
Величина S_o

будет ближе к максимальному значению допуска на сборку пар трения при их изготовлении.



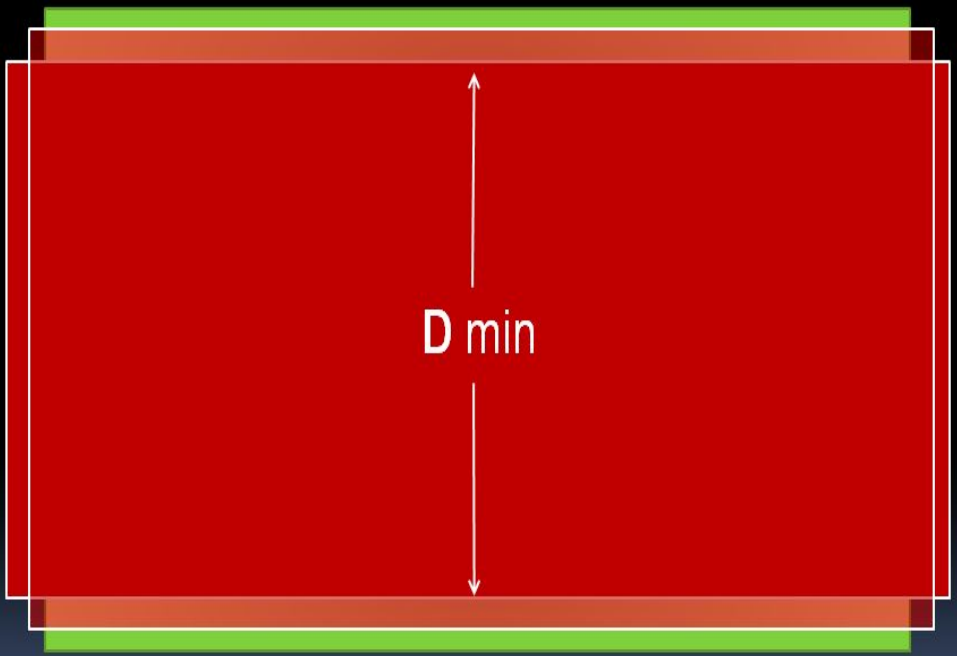
При изготовлении

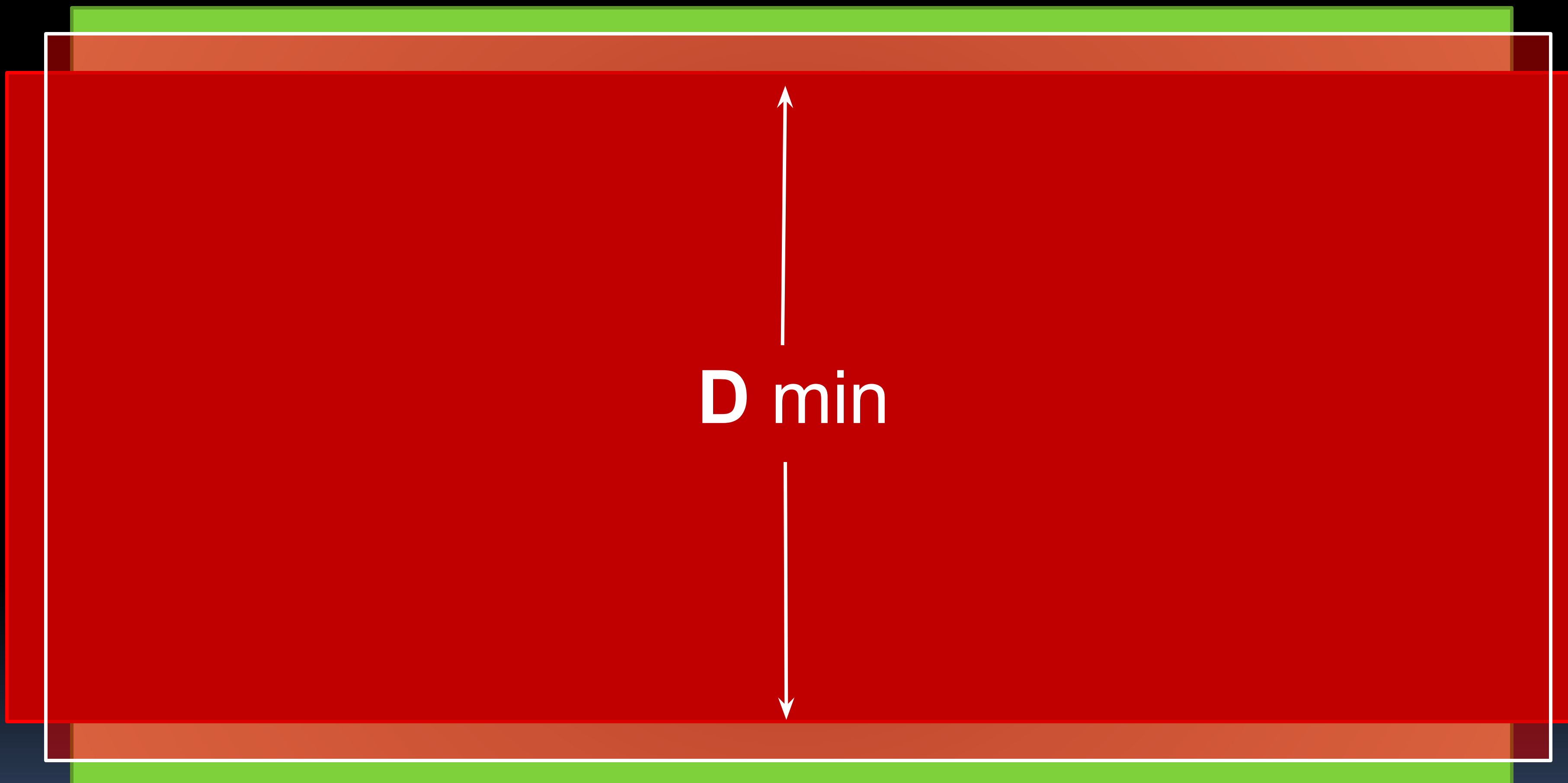
валов рабочий будет **придерживаться** их ***максимальных*** размеров в поле **допуска**.

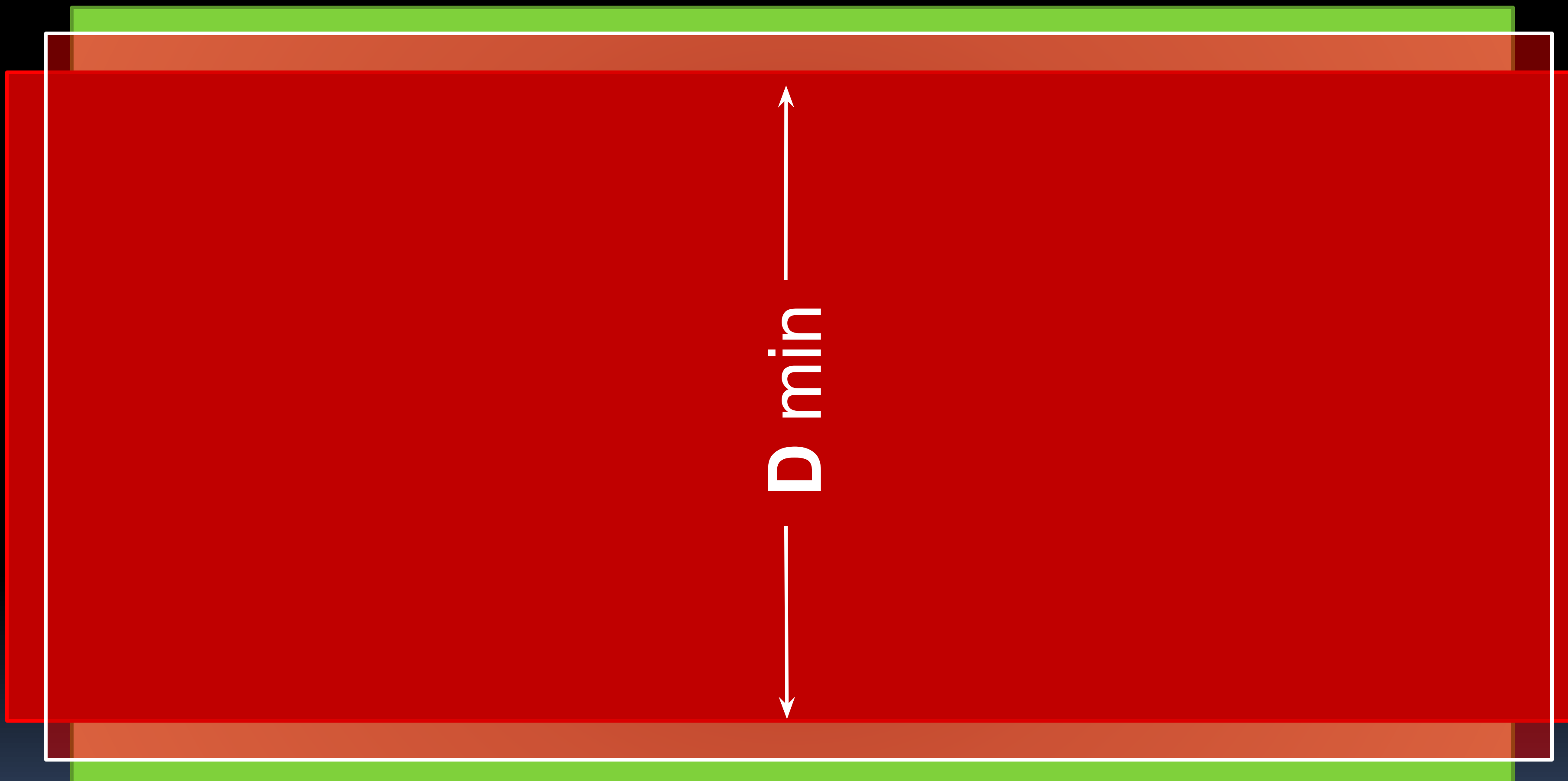


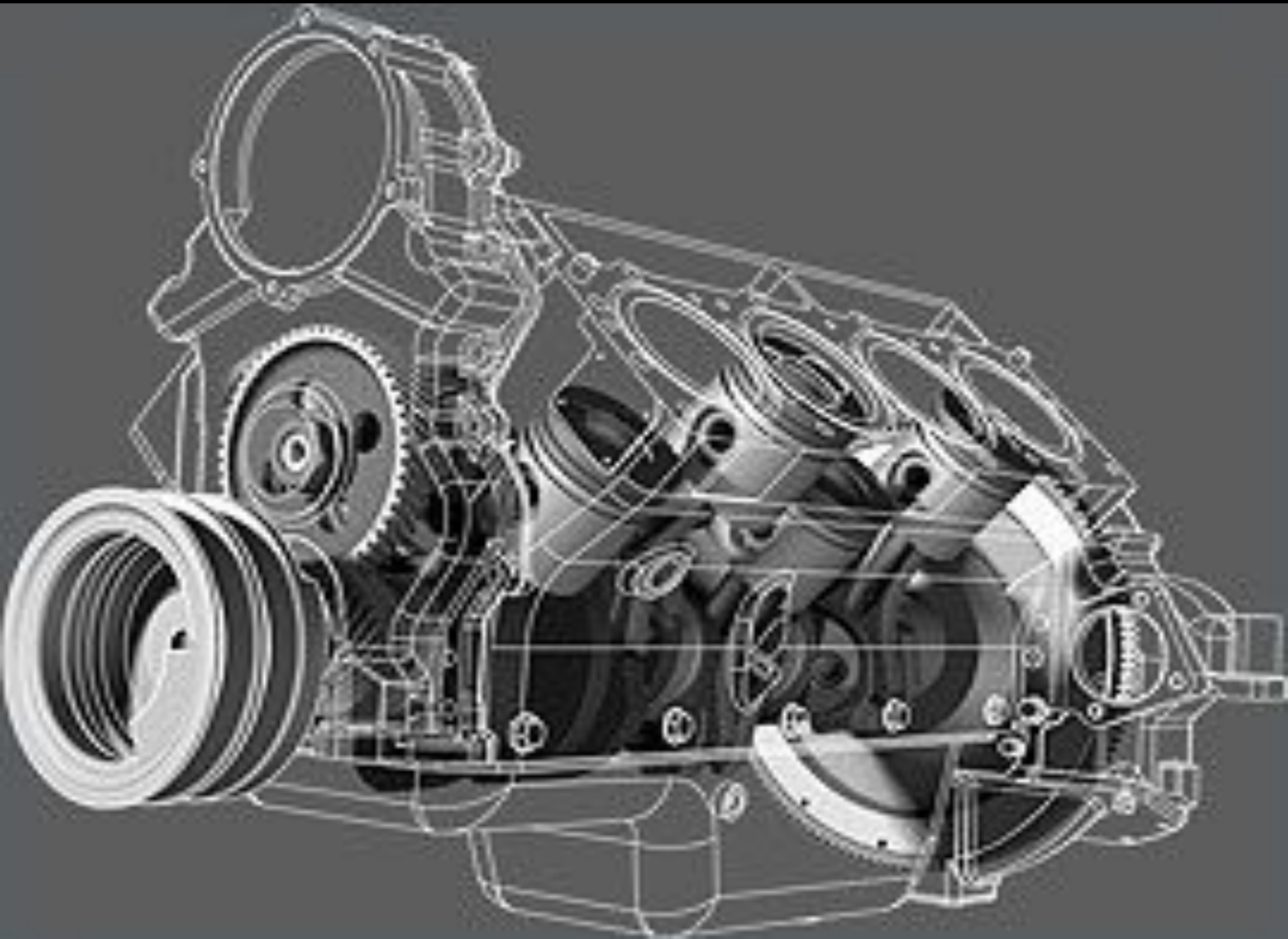
В этом случае

наиболее **вероятно** ***не допустить*** неисправимый **брак** вала - выход за **пределы** минимального ***диаметра*** на их **изготовление**.



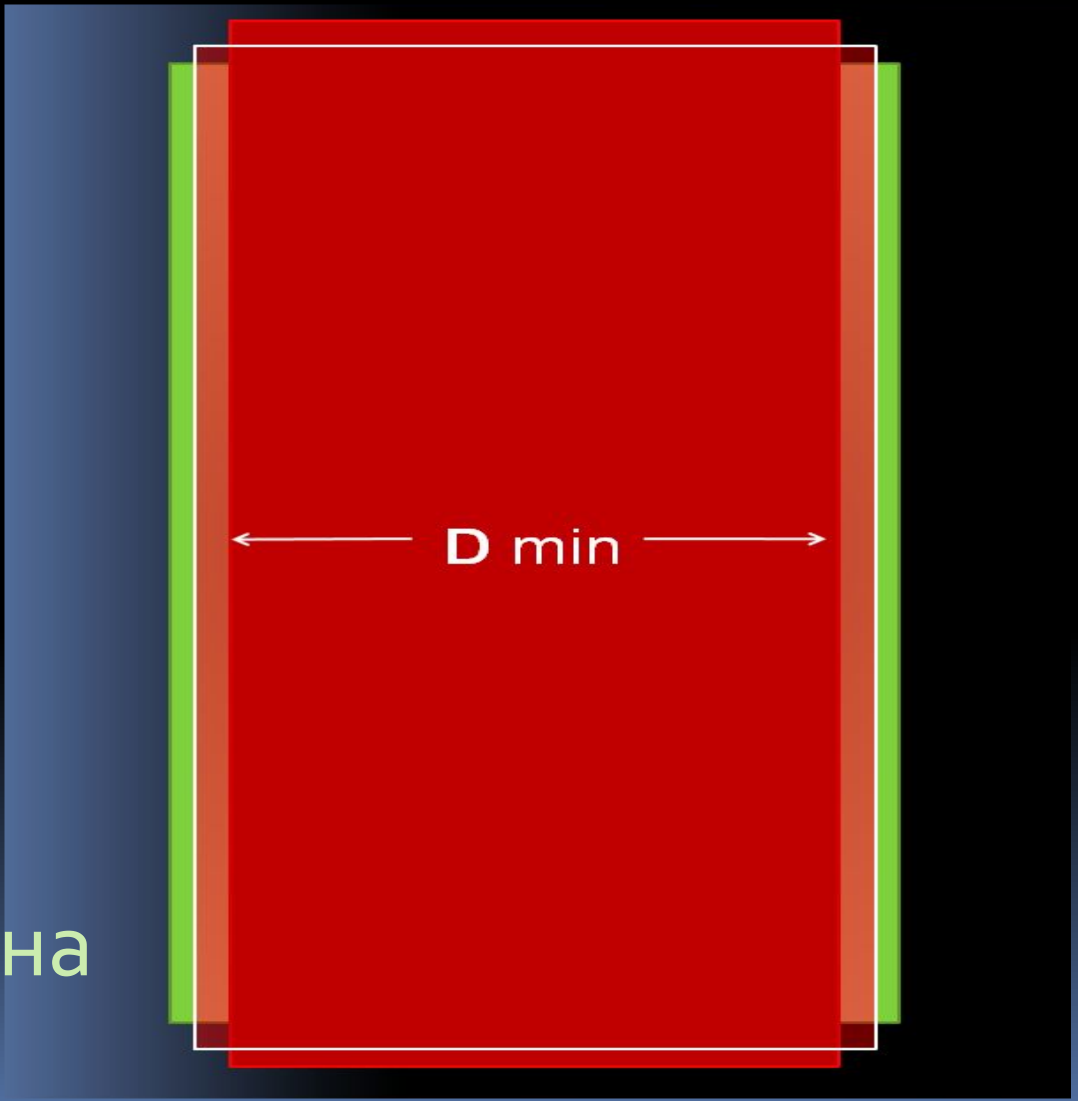

D min


D min



Аналогичным образом,

при обработке **внутреннего** *диаметра* отверстий**,** **наиболее часто** встречающимися размерами будут близкие к **минимальным** в пределах **допуска** на изготовление.



Поэтому,

- в первом приближении, величину среднего зазора в парах трения при их изготовлении можно принять равной:
- $S_0 = S_{\min} + \frac{S_{\max} - S_{\min}}{K}$

Постоянную **К,**

входящую в последнее равенство**,** следует **определить** по результатам **измерений** деталей пар **трения** при их ***изготовлении***.

- Для учебных целей ее можно принять **равной** **К = 3…4.**

Итак,

последовательность приближенного **прогнозирования деталей** при **втором** ремонте**,** подверженных **окислительному** изнашиванию**,** ***сводится*** к **следующему**.

По результатам

- отбраковки деталей пар трения при первом ремонте определяют величины $S_{\text{ср.1}}$ и σ_1, соответствующие наработке $\tau_{\text{р.}}$.

Затем

- по формуле (16) находят величину S_0, подставляя которую в равенство (15) вычисляют приближенное значение $S_{\text{ср.2}}$, соответствующее наработке $2\tau_{\text{р.}}$.

Среднее

- квадратическое отклонение для этой наработки определяют из **равенства:**

$$\frac{\sigma_2}{S_{ср.2}} = \frac{\sigma_2}{S_{ср.1}}$$

Найденные значения

- средних зазоров и их средних квадратических отклонений при наработках $\tau_1 = \tau_p$ и $\tau_2 = 2\tau_p$ позволяют прогнозировать отбраковку деталей пар трения при втором и последующих ремонтах.
- Расчеты производят по изложенной выше методике.

Значения функции

-
  - $\Phi(u)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_0^u e^{-\frac{u^2}{2}}\,du$;

Численные значения функции Лапласа

u	Ф(u)	u	Ф(u)	u	Ф(u)	u	Ф(u)
0.00	0.0000	0.75	0.2734	1.50	0.4332	2.50	0.4938
0.05	0.0199	0.80	0.2881	1.55	0.4394	2.60	0.4953
0.10	0.0398	0.85	0.3023	1.60	0.4452	2.70	0.4965
0.15	0.0596	0.90	0.3159	1.65	0.4505	2.80	0.4974
0.20	0.0793	0.95	0.3289	1.70	0.4551	2.90	0.4981
0.25	0.0987	1.00	0.3413	1.75	0.4599	3.00	0.4986
0.30	0.1179	1.05	0.3531	1.80	0.4641	3.20	0.4993
0.35	0.1368	1.10	0.3643	1.85	0.4678	4.00	0.49997

u	Φ(u)	u	Φ(u)	u	Φ(u)	u	Φ(u)
0.40	0.1554	1.15	0.3749	1.90	0.4713	4.50	0.49999
0.45	0.1736	1.20	0.3849	1.95	0.4744	5.00	0.49999
0.50	0.1915	1.25	0.3944	2.00	0.4772		
0.55	0.2088	1.30	0.4032	2.10	0.4821		
0.60	0.2257	1.35	0.4115	2.20	0.4861		
0.65	0.2422	1.40	0.4192	2.30	0.4893		
0.70	0.2580	1.45	0.4265	2.40	0.4918		