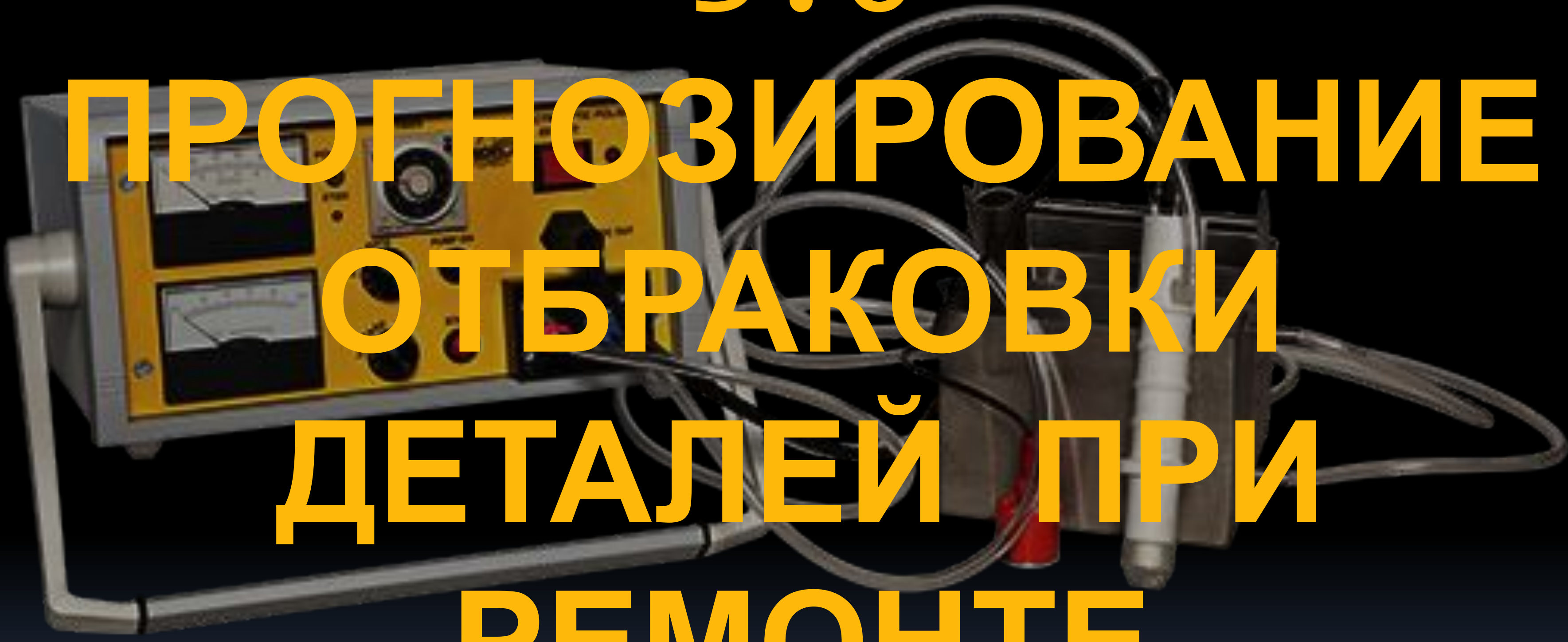
3.0 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОТБРАКОВКИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ



Своевременно

и качественно отремонтировать летательный аппарат можно лишь при **наличии на авиаремонтном** завод к моменту выполнения *восстановительных* рабо необходимой **номенклатуры** и **количества** запасных ***частей***

чтобы эти запасы **точно** соответствовали ***потребности*** авиаремонтных предприятий.

Недостаток

запасов вызывает **простой** летательных аппаратов в ремонте, что экономически ***невыгодно***, приводит к **штурмовщине.**

А это

в свою очередь, снижает уровень **безопасности** полетов на отремонтированной авиационной технике.

Избыток

запасных частей приводит к повышению **стоимости** ремонта и ***загромождению*** складских помещений.

Пути

решения **задачи**:

- ***Во-первых***: заранее заказать запасные детали на предприятиях, изготавливающих авиационную технику;

Во-вторых:

- обеспечить **своевременное** восстановление ***забракованных*** деталей при **первых** ремонтах авиационной техники.

Приобретение

запасных частей на заводах-изготовителях авиационной техники наиболее **реально** при ее первых ремонтах, когда эти заводы осуществляют ***серийный*** выпуск летательных аппаратов и обеспечивают освоение их ремонта.

После прекращения

выпуска данного типа летательных аппаратов заводы изготовители переходят на освоение более **совершенной** авиатехники и не заинтересованы в изготовлении запасных частей для **ЛА**, ***снятых*** с производства.

Поэтому

на **завершающем** этапе эксплуатации летательных аппаратов реализуется ***второй*** путь обеспечения запасными деталями авиаремонтного производства.

К этому

времени будет накоплен ремонтный **фонд** деталей, ***забракованных*** при **первых** ремонтах летательных аппаратов.

Оба

рассмотренных пути обеспечат решение поставленной задачи только при наличии **своевременной** информации о ***потребностях*** запасных деталей, включающей их наименование, количество и сроки поставок .

Такую информацию

можно получить при обработке **статистических** данных по отбраковке деталей в процессе ***дефектации*** авиационной техники, поступающей в ремонт в **начале** освоения ее эксплуатации

Доля отбраковки,

как правило, при каждом **последующем** ремонте ***отличается*** от аналогичной доли при предыдущем.

Отличается

также и техническое **состояние** деталей, устанавливаемых на летательный аппарат после каждого ***очередного*** ремонта

Изменение

состояния деталей по наработке можно видеть из ***схемы***, представленной на рис. 3.1.

- По оси абсцисс здесь отложена ***суммарная*** наработка изделия от **начала** эксплуатации

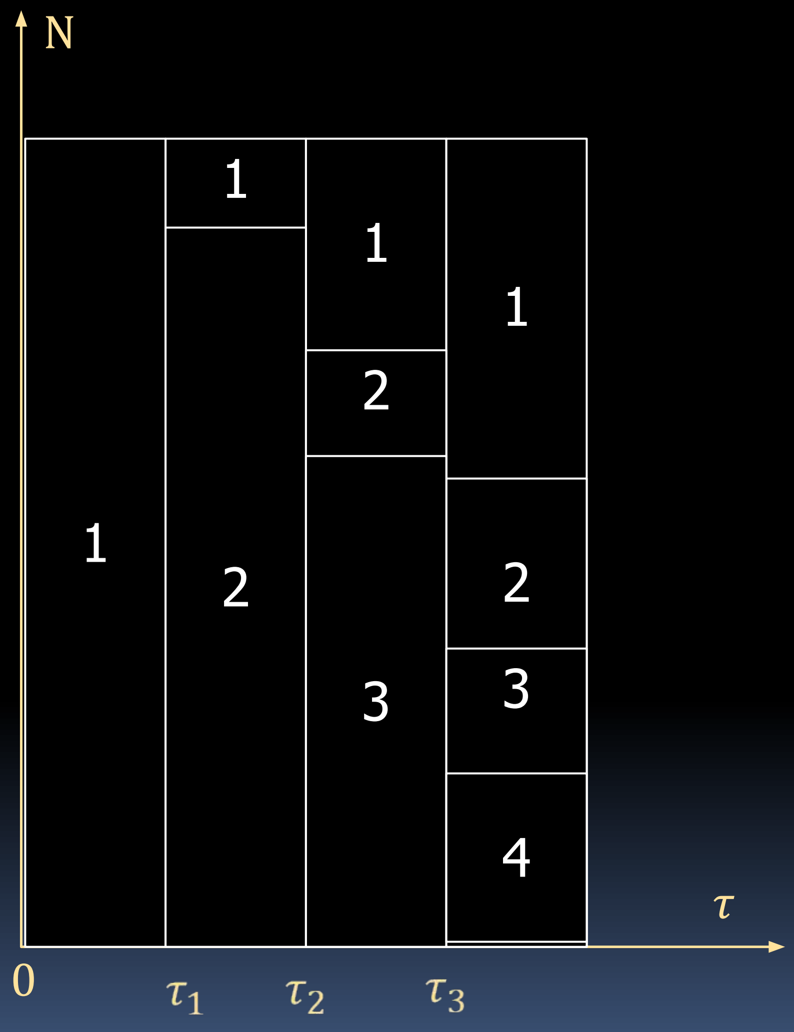
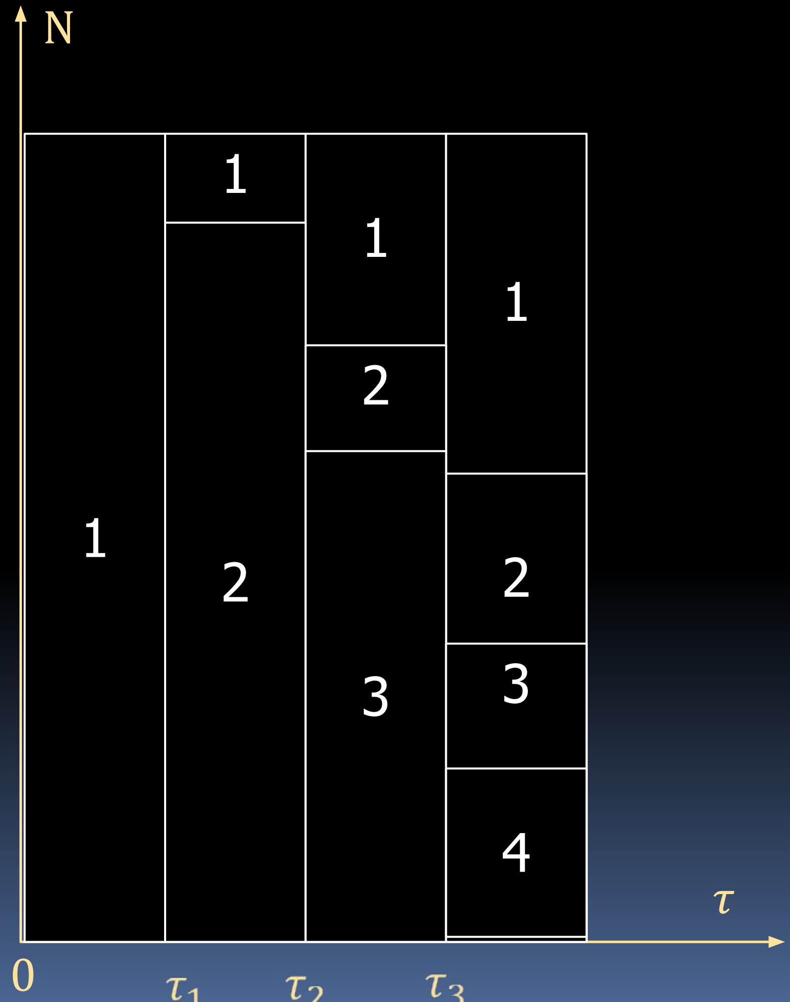


Рис. 3.1.



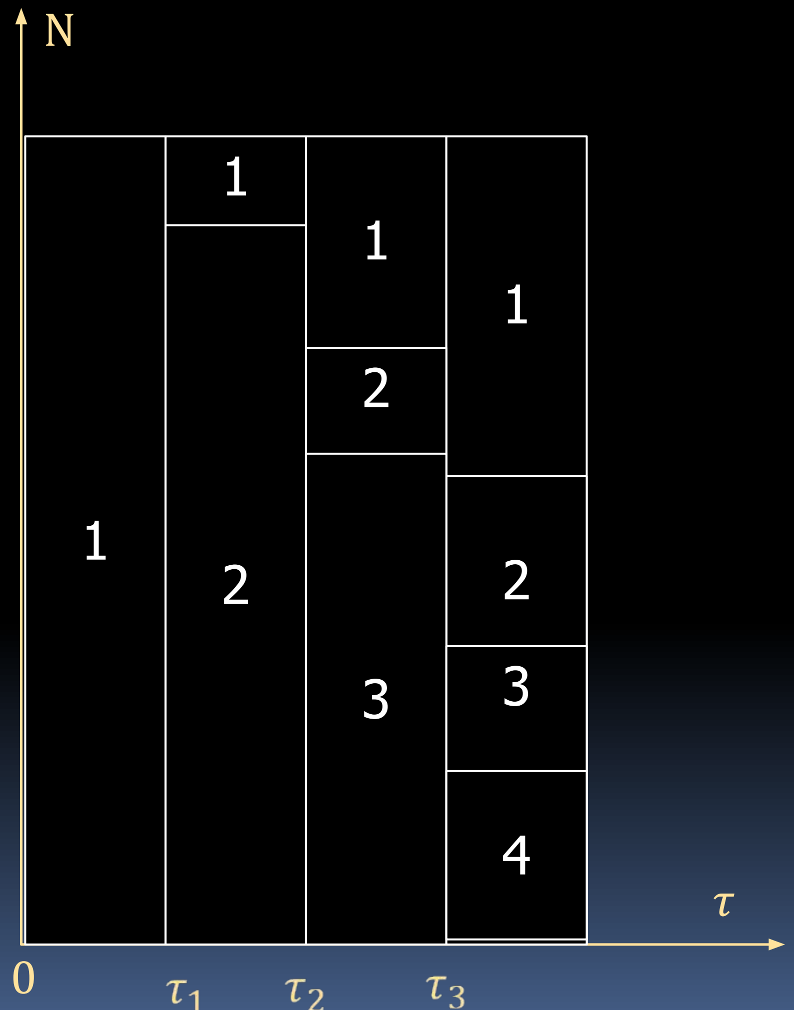
N
1
1
2
1
2
3
1
2
3
4
τ
0
τ1
τ2
τ3

Первый ремонт

- выполняют после наработки τ_1;
- **второй** - после наработки τ_2 ;
- **третий** - после τ_3 и т.д.
- Числовой индекс i при τ_i означает номер **очередного** ремонта, а разность равна ***межремонтному*** ресурсу

По оси ординат

отложено относительное количество (доля) деталей с соответствующей ***наработкой***.



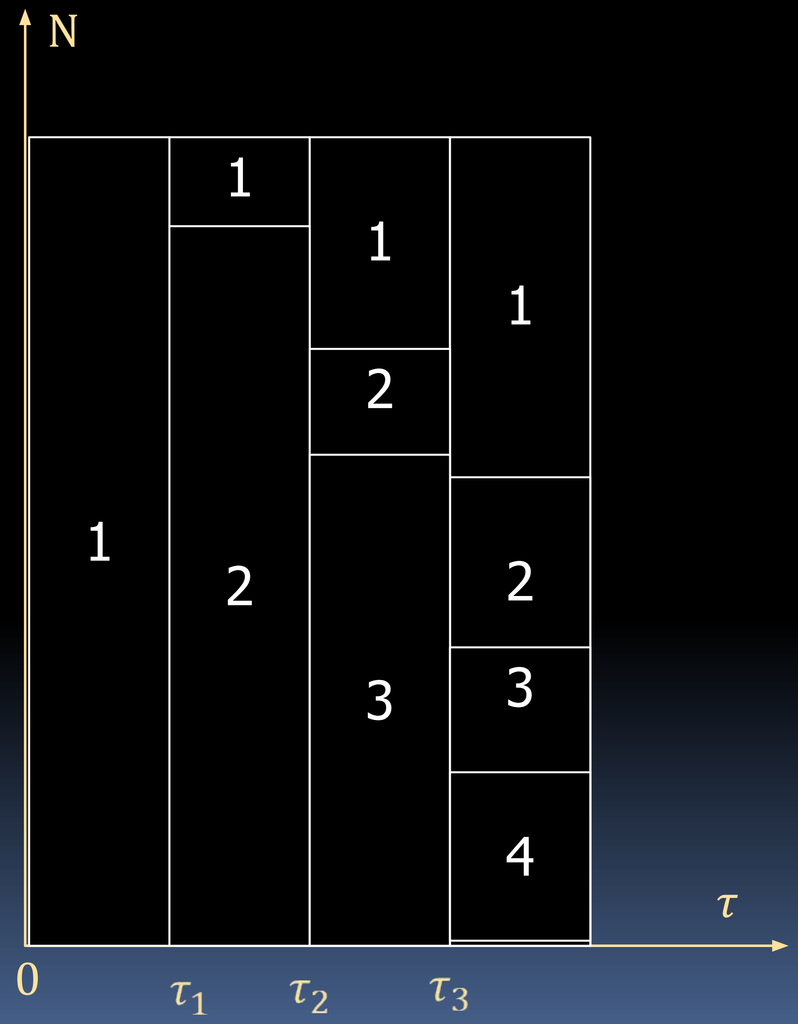
Верхняя

горизонталь

соответствует 100% **одноименных** деталей, установленных на летательном аппарате или группе ***одинаковых*** летательных аппаратов.

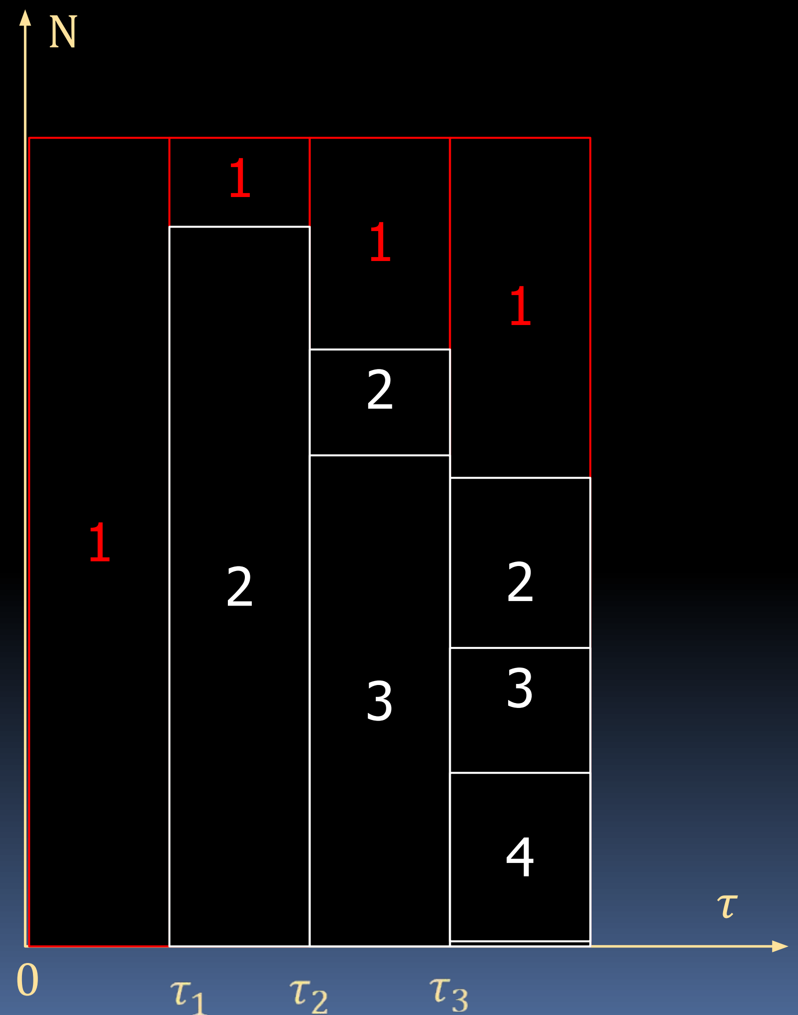
Цифрами

1, 2, 3, 4 и соответствующей окраской обозначены детали с ***одинаковой*** суммарной *наработкой*.



Цифрой 1

обозначена доля **новых** деталей, устанавливаемых на летательный аппарат при его **изготовления** или при ***ремонте*** (взамен забракованных).

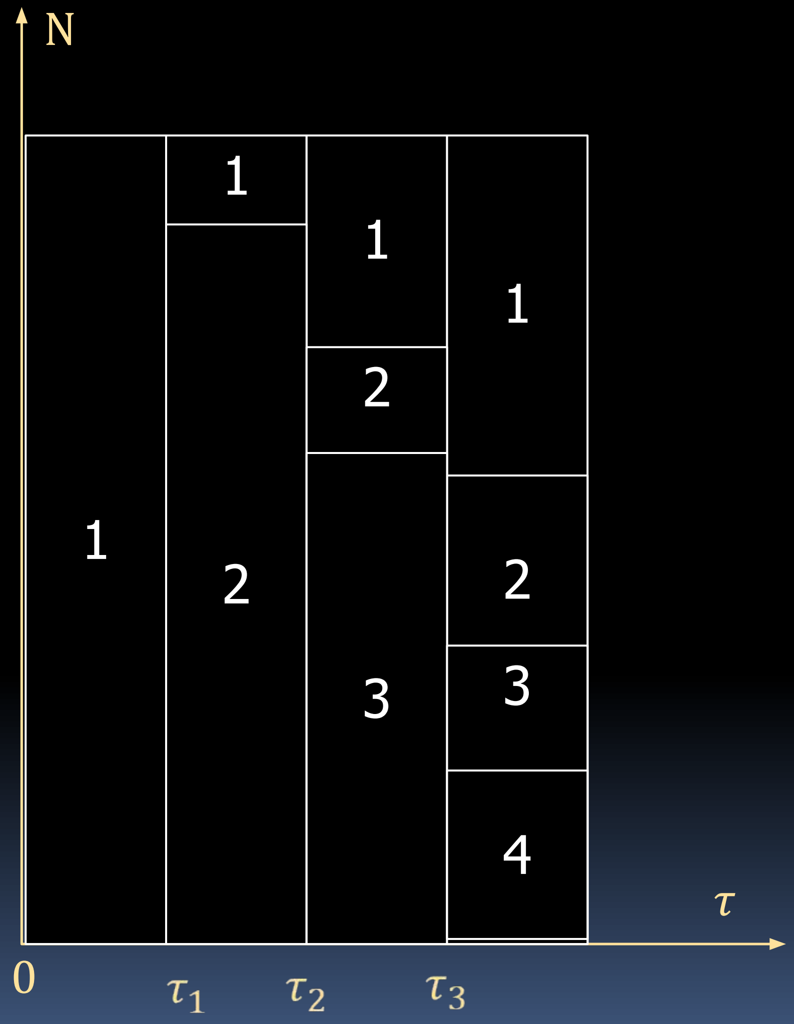


Цифрой 2

- обозначена доля деталей, отработавших **один** (τ_1) межремонтный ресурс, признанных ***годными*** и установленных на летательный аппарат для дальнейшей **эксплуатации**.

Аналогичным

- образом цифра 3 означает, что детали при **втором** ремонте имели суммарную ***наработку*** τ_2 и признаны годными к дальнейшей эксплуатации.



Из схемы

на рис. 3.1 видно, что на летательном аппарате при его **изготовлении** устанавливают только ***новые*** детали.

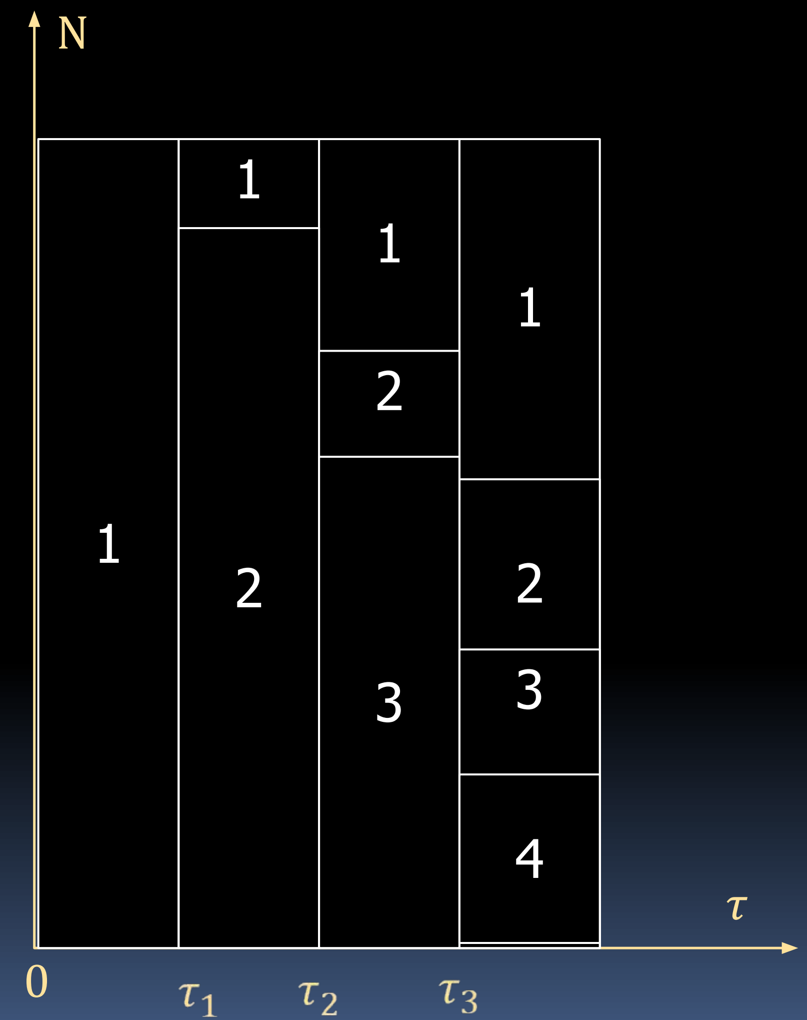
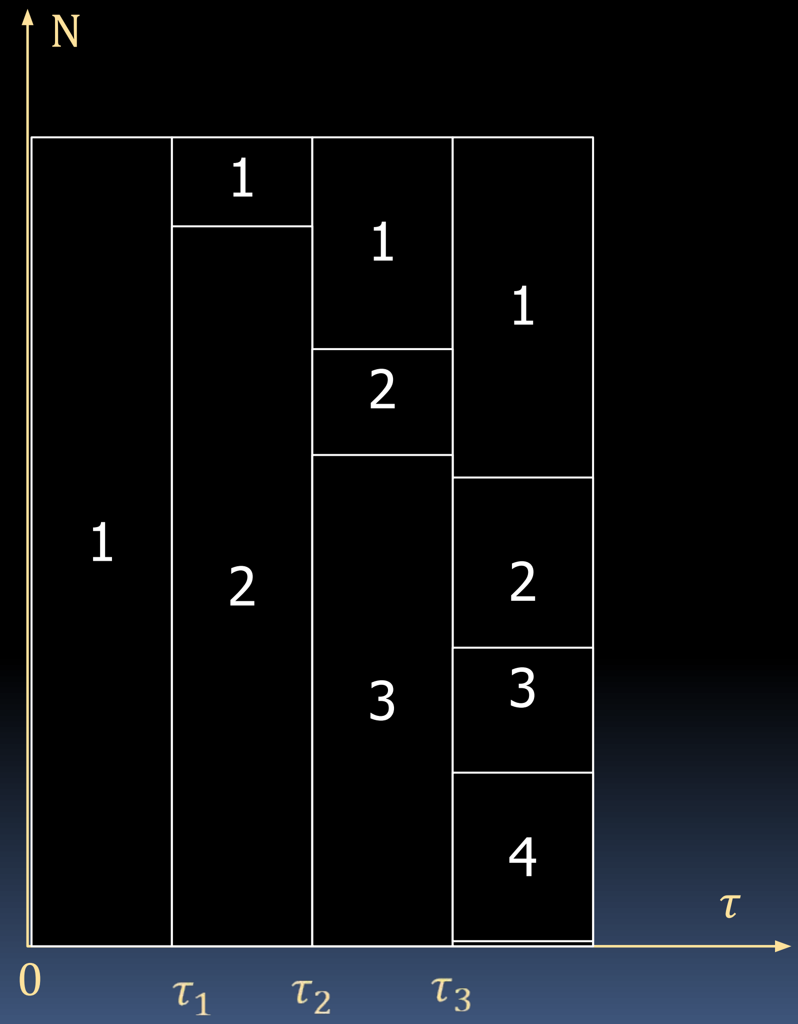


Рис. 3.1

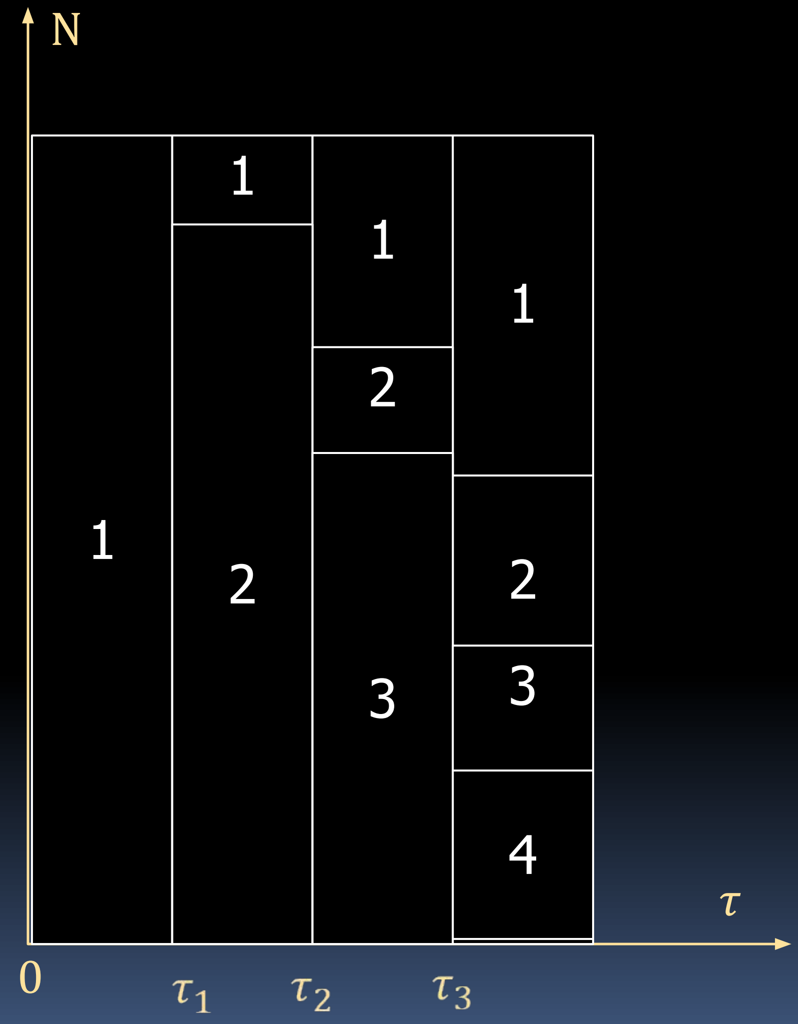
При первом

- ремонте на нем будут установлены детали с наработкой τ_0 и τ_1.
- При **втором** ремонте (при τ_2) будут установлены детали с наработками $\tau_0, \tau_1, \tau_2,$ и т.д.

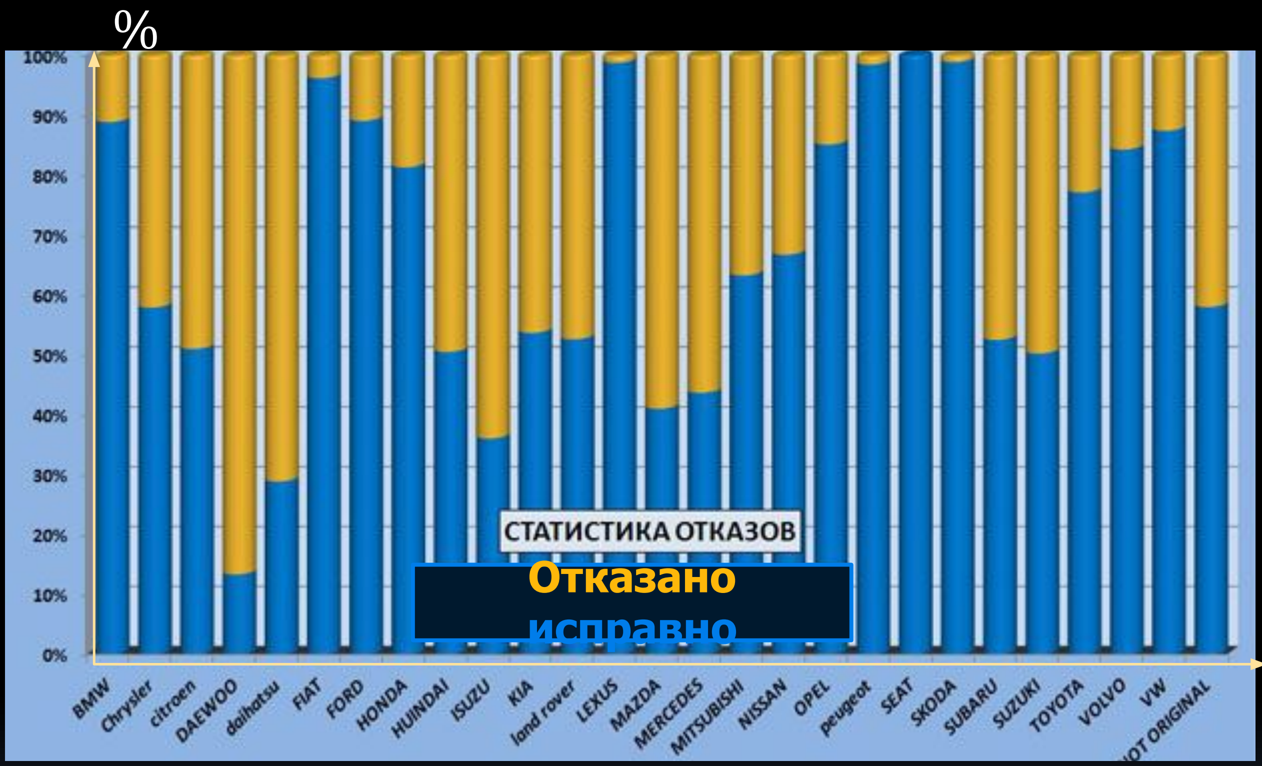


Отрезки

- по вертикали, обозначенные цифрой 1, при $\tau \geq \tau_1$ равны доле ***отбраковки*** при этом ремонте деталей.



В ряде случаев,



по статистическим данным **отбраковки** деталей при первых ремонтах летательных аппаратов можно определить расчетным путем такую ***долю*** при последующих ремонтах.

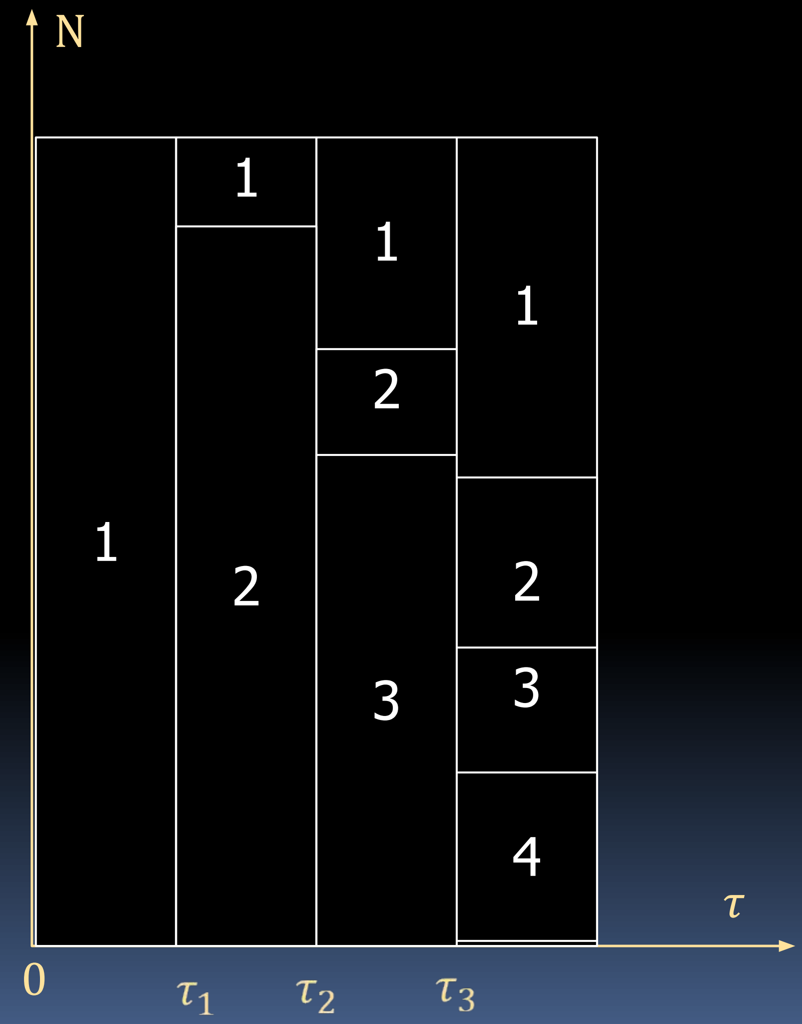
Это

можно сделать тогда, когда заранее известен ***закон*** их отбраковки в процессе **дефектации**.

- Обычно такие **законы** устанавливают при выполнении научных ***исследований***.

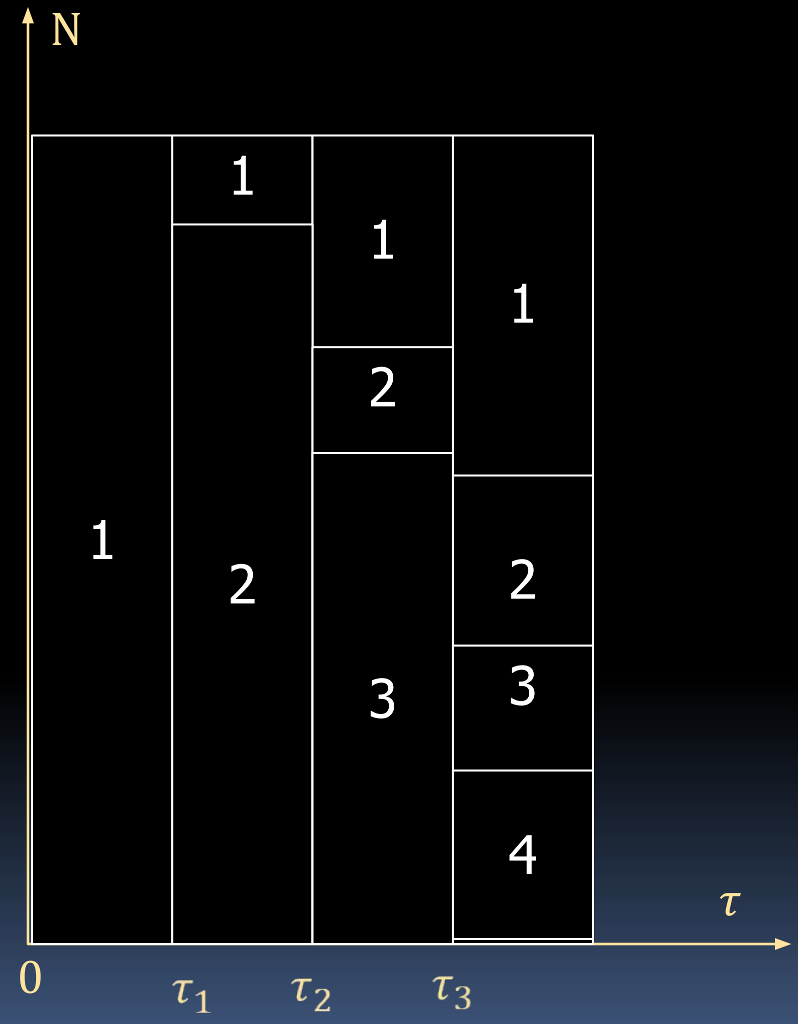
Если

отбраковка деталей вызвана постепенным накапливанием эксплуатационной повреждаемости, то эти законы (нормальный, логарифмический нормальный и др.) имеют по два ***неизвестных*** параметра.



В этом случае

- по статистическим данным отбраковки деталей при наработках τ_1 и τ_2, можно приближенно определить ***количественные*** значения указанных **параметров.**



Это позволит

прогнозировать отбраковку деталей за любую **последующую** продолжительность ($\Delta\tau$) эксплуатации авиационной техники, т. е. достаточно ***объективно*** решать вышеуказанные задачи авиаремонтного производства.

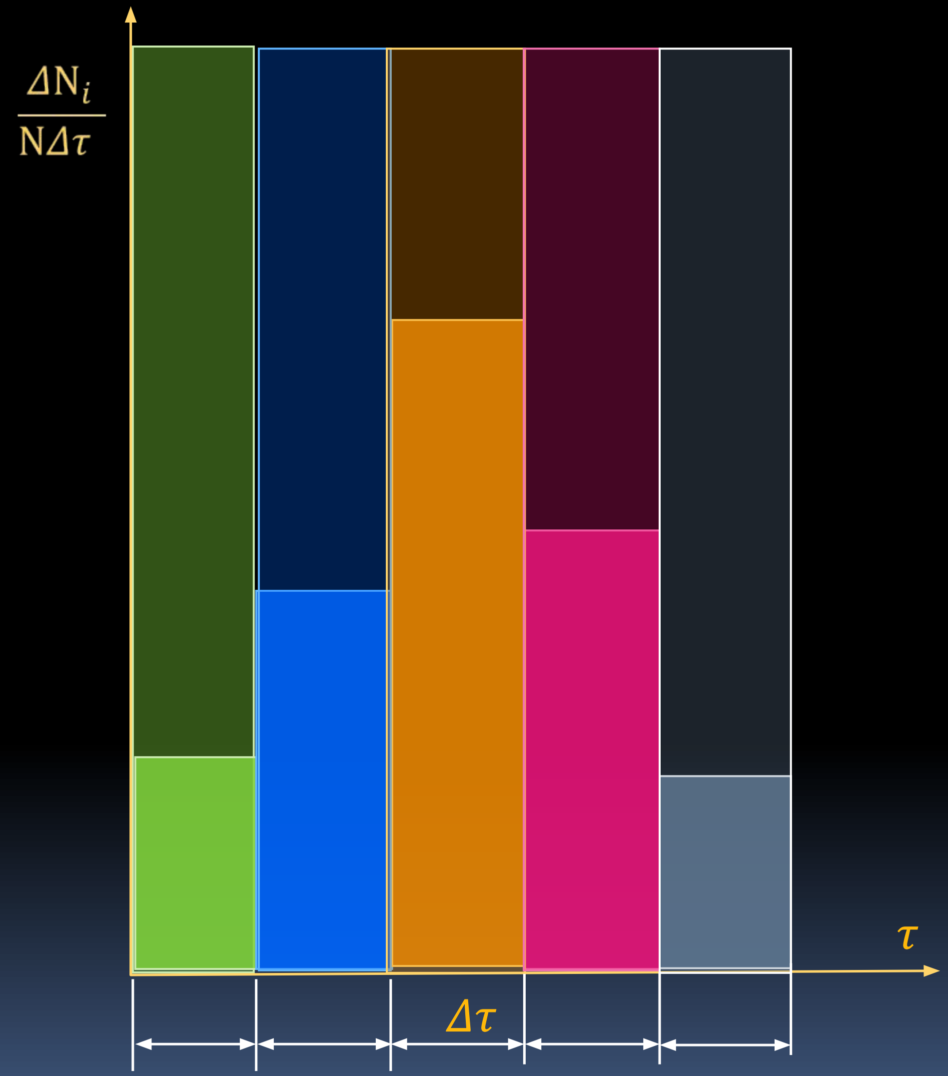


Рис. График отбраковки деталей за период эксплуатации $\Delta\tau$

При наличии

полных данных **по** отбраковке деталей за всю **продолжительность** эксплуатации рассматриваемого типа летательных аппаратов можно построить ***гистограмму*,** представленную на рис**.** 3.2.

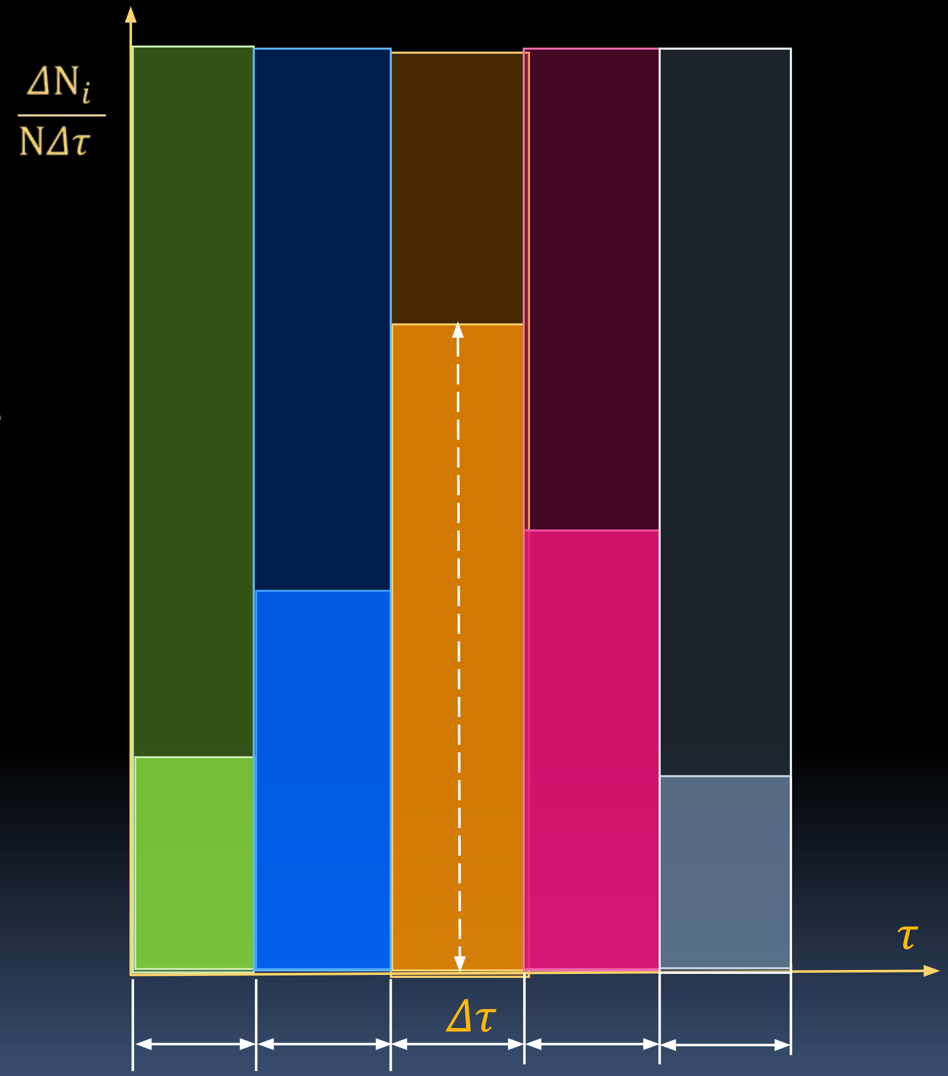


Рис. График отбраковки деталей за период эксплуатации $\Delta\tau$

Через ΔN_i

здесь обозначено количество отбракованных деталей при наработке τ_1 из **общего** числа N таких деталей, установленных на ремонтируемых летательных аппаратах.

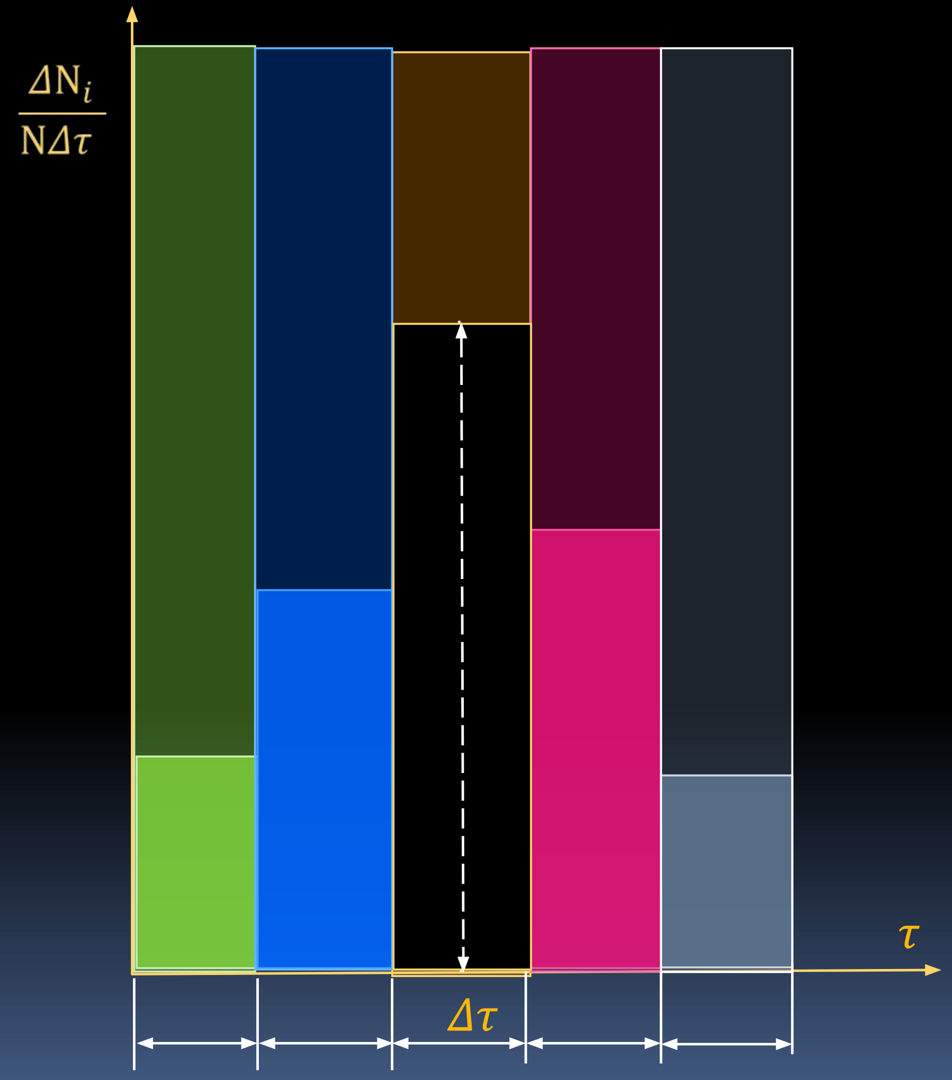


Рис. График отбраковки деталей за период эксплуатации $\Delta\tau$

Через

- $\Delta\tau=(\tau_i - \tau_{i-1})$ обозначен **промежуток** наработки между ***двумя*** очередными ремонтами.
- Обычно он равен межремонтному ***ресурсу .***

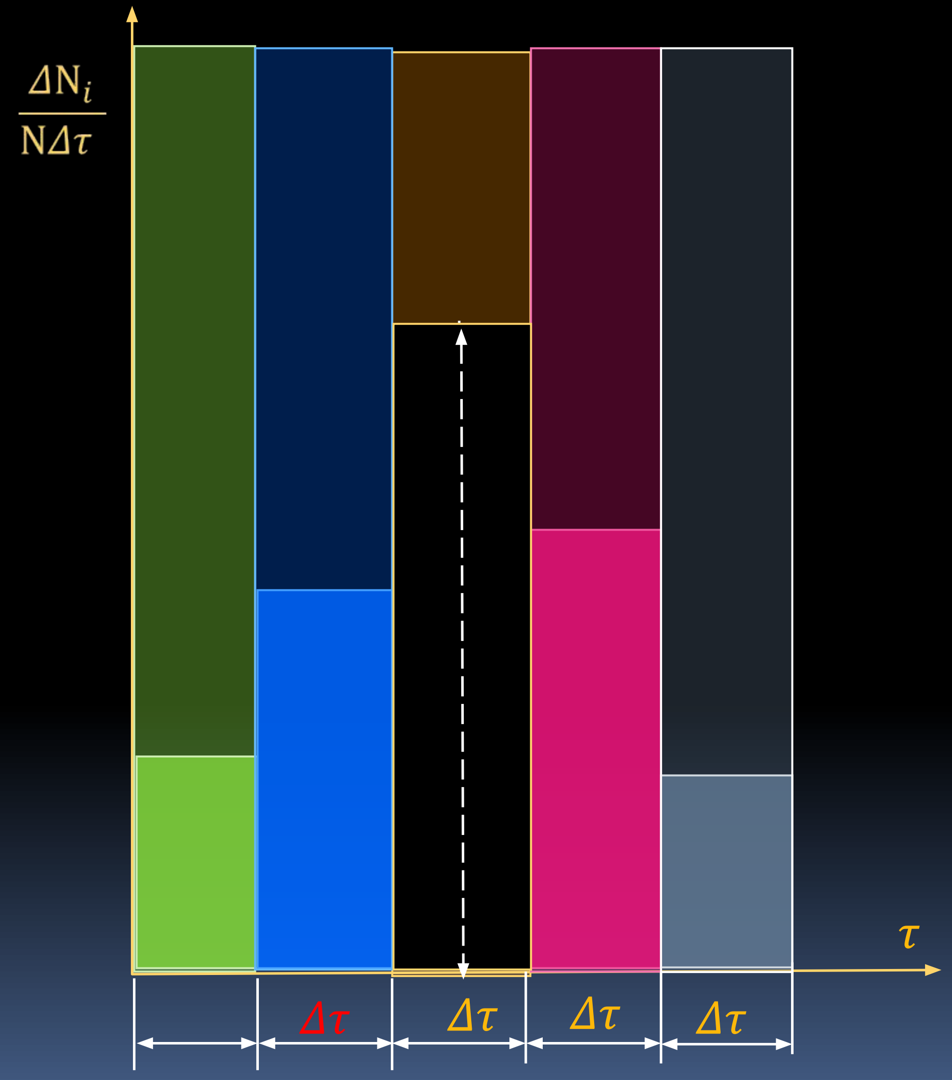
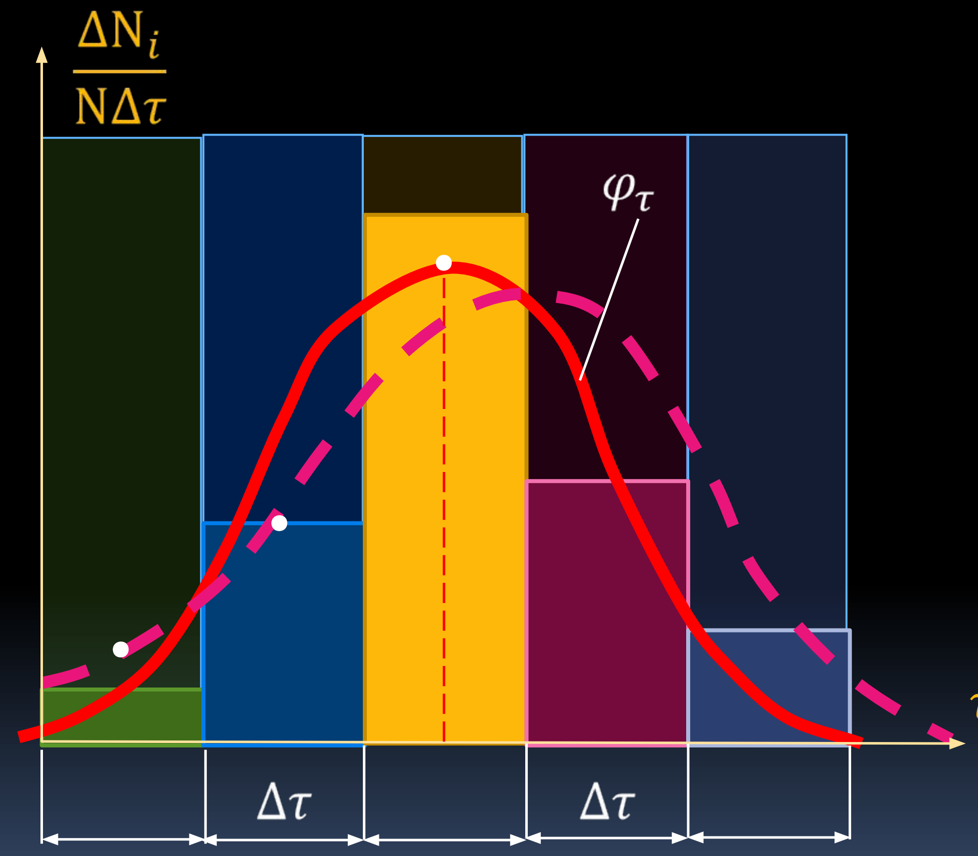


Рис. График отбраковки деталей за период эксплуатации $\Delta\tau$

Для решения

ряда
практических
задач
гистограмму
заменяют ***кривой***,
представленной
сплошной
линией.



Симметричное

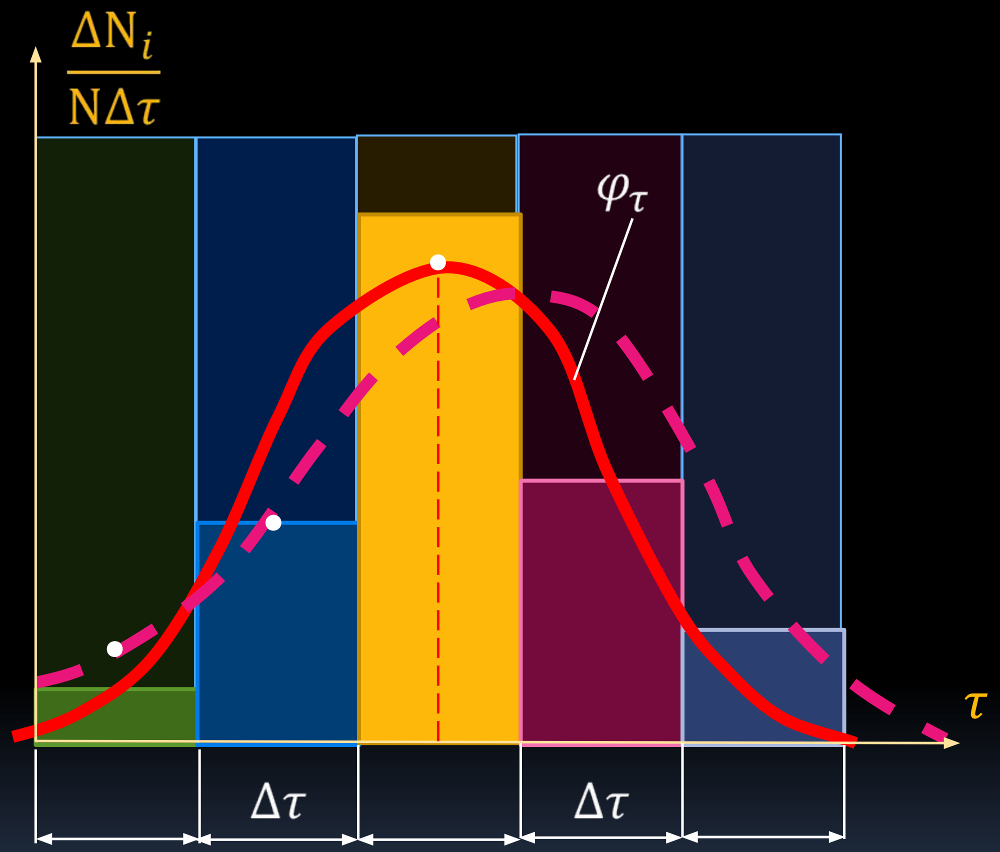


Рис. 3.2.

распределение, представленное на рис. 3.2, обычно соответствует ***нормальному*** распределению.

Сплошная кривая,

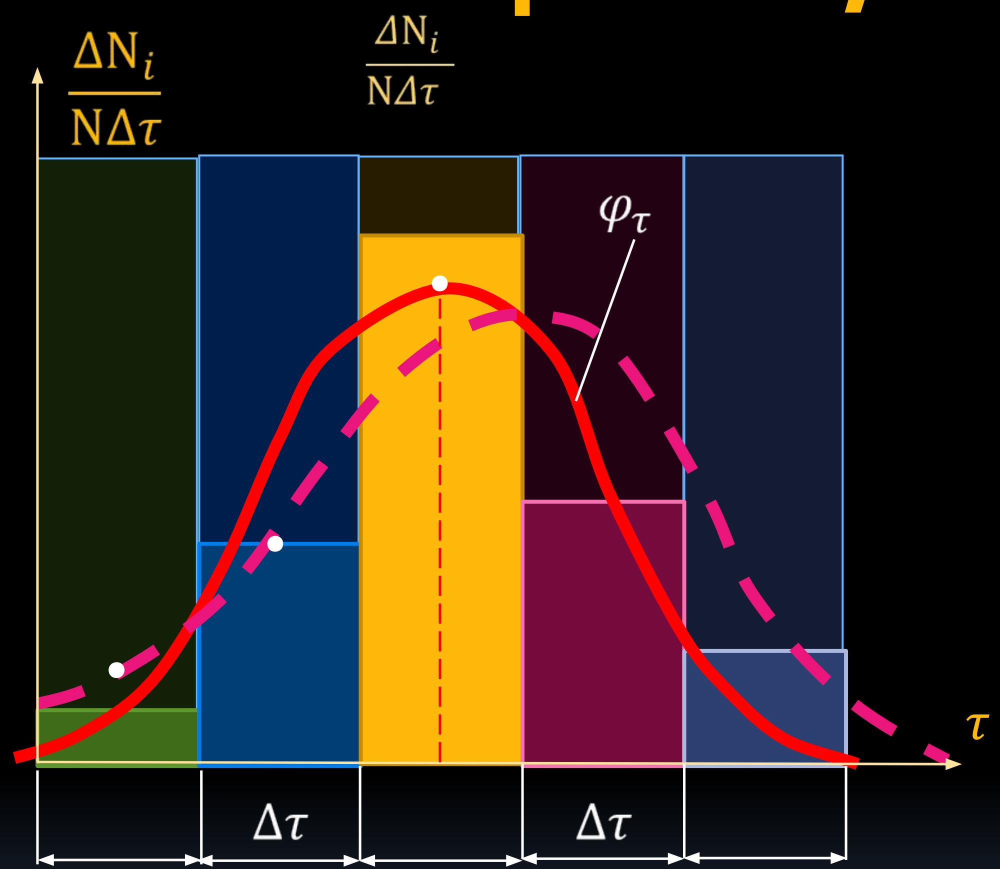
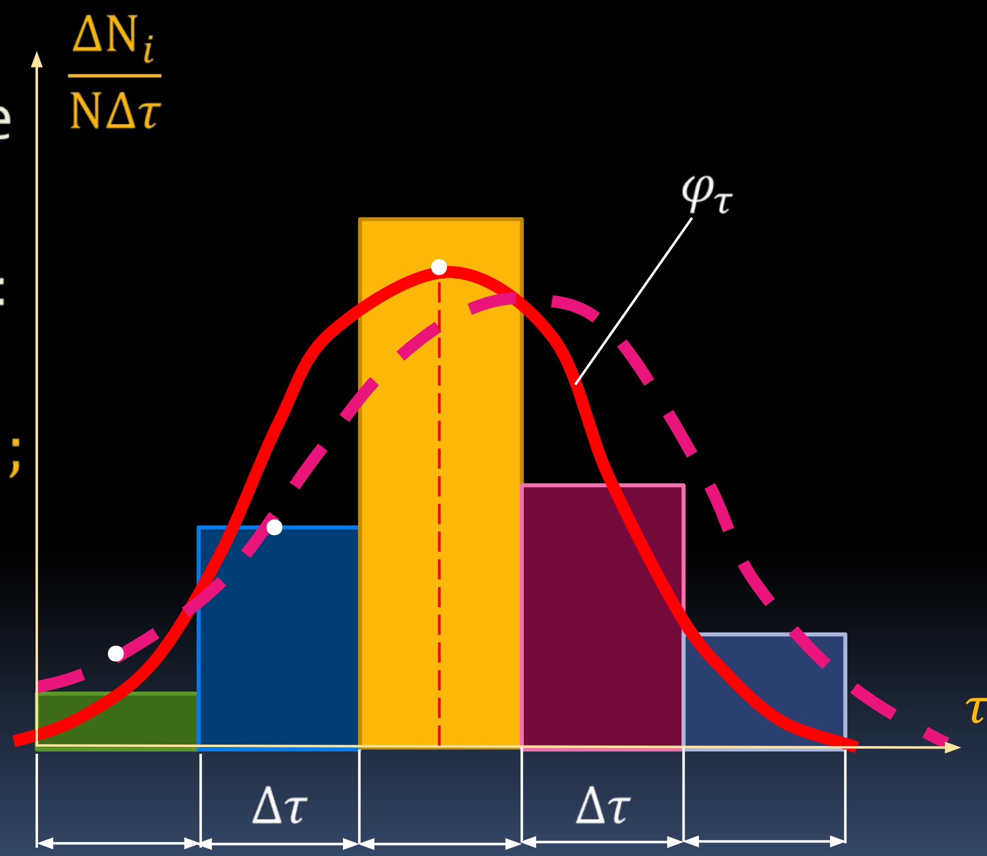


Рис. График отбраковки деталей за период эксплуатации $\Delta\tau$.

обозначенная через $\varphi(\tau)$, характеризует ***плотность*** распределения.

Для нормального

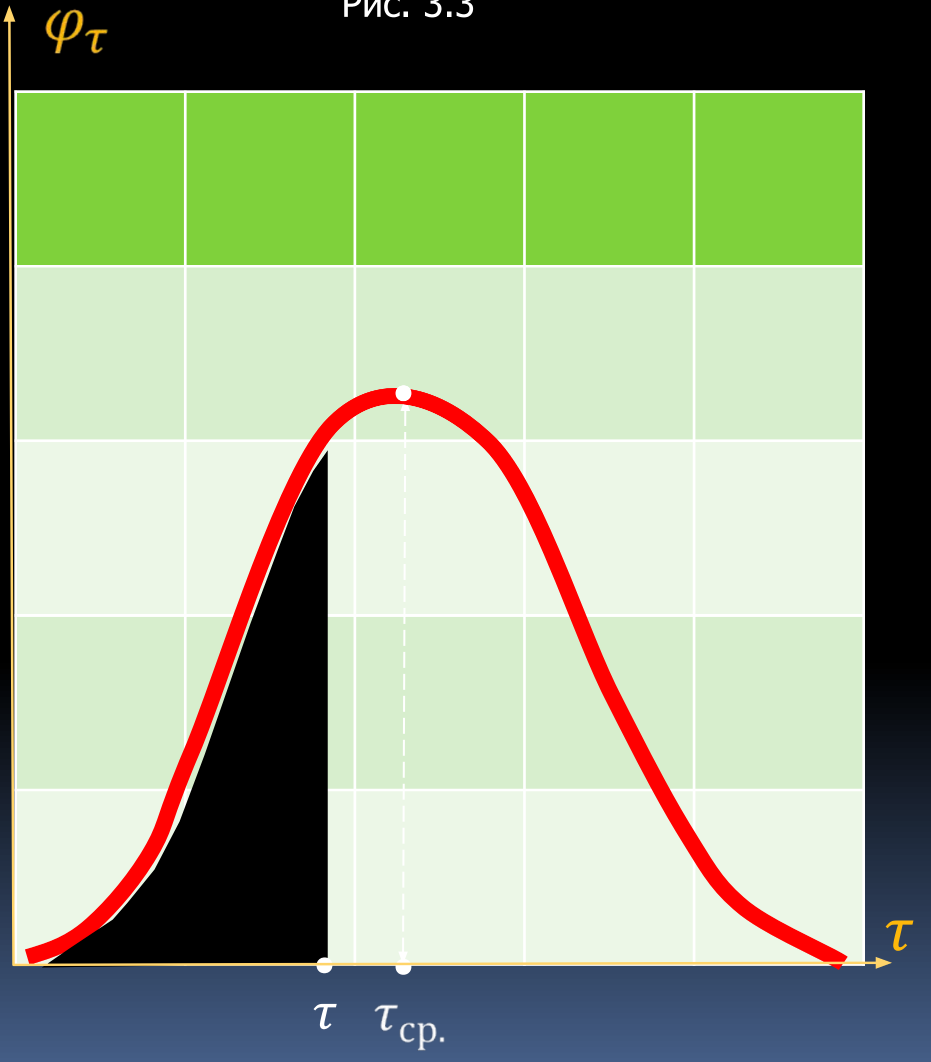
- закона распределения аналитическое выражение **плотности** распределения имеет вид:
- $\varphi(\tau)=\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}\cdot e^{-\frac{(\tau-\tau_{\text{ср.}})^2}{2\sigma^2}}$;
- Где: $\tau_{\text{ср.}}$ - средняя наработка деталей;
- σ - среднее квадратическое отклонение.



Зная $\varphi(\tau)$,

- можно в каждый момент наработки τ найти **суммарную** долю отбраковки деталей.
- Она характеризуется величиной заштрихованной ***площади*** на рис. 3.3. и равна:
  - $F(\tau) = \int_{-\infty}^{\tau} Y(\tau)d\tau$;

Рис. 3.3



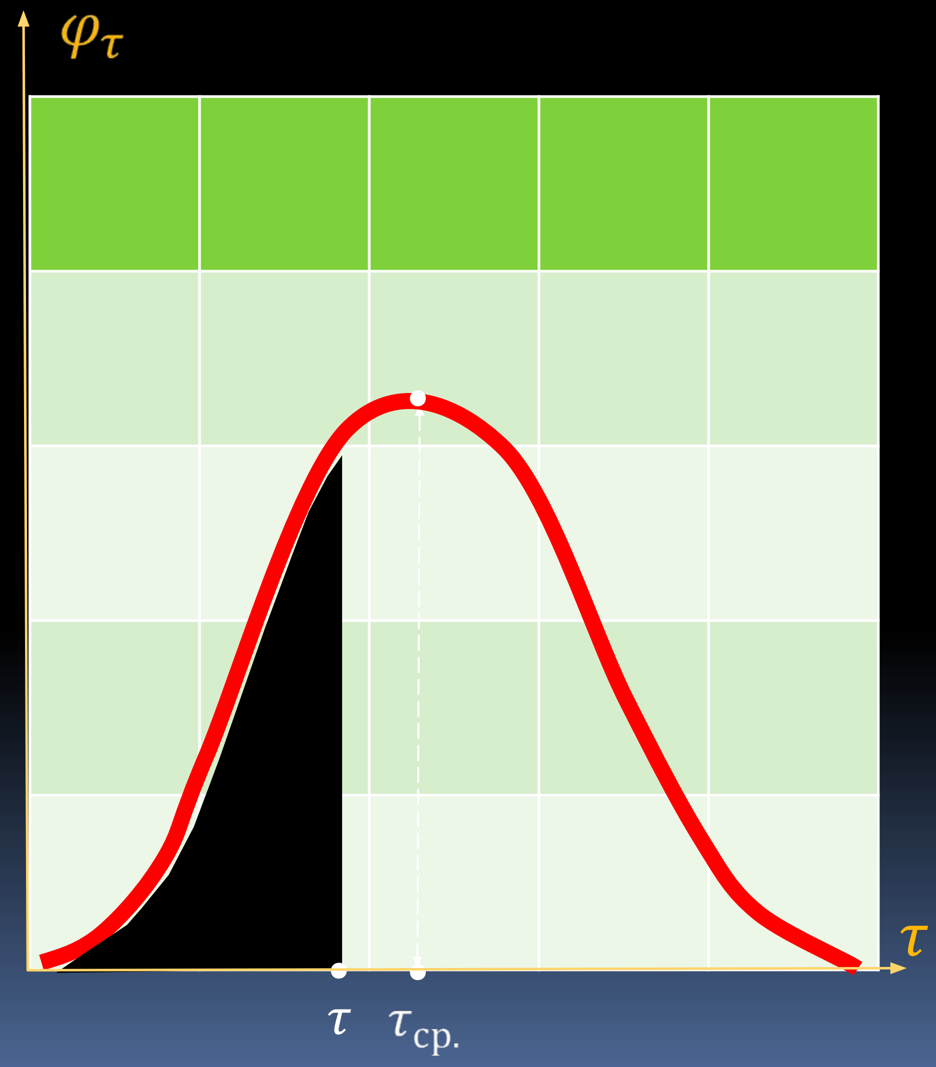
Доля отбраковки

- при i-м ремонте, т.е. за наработку

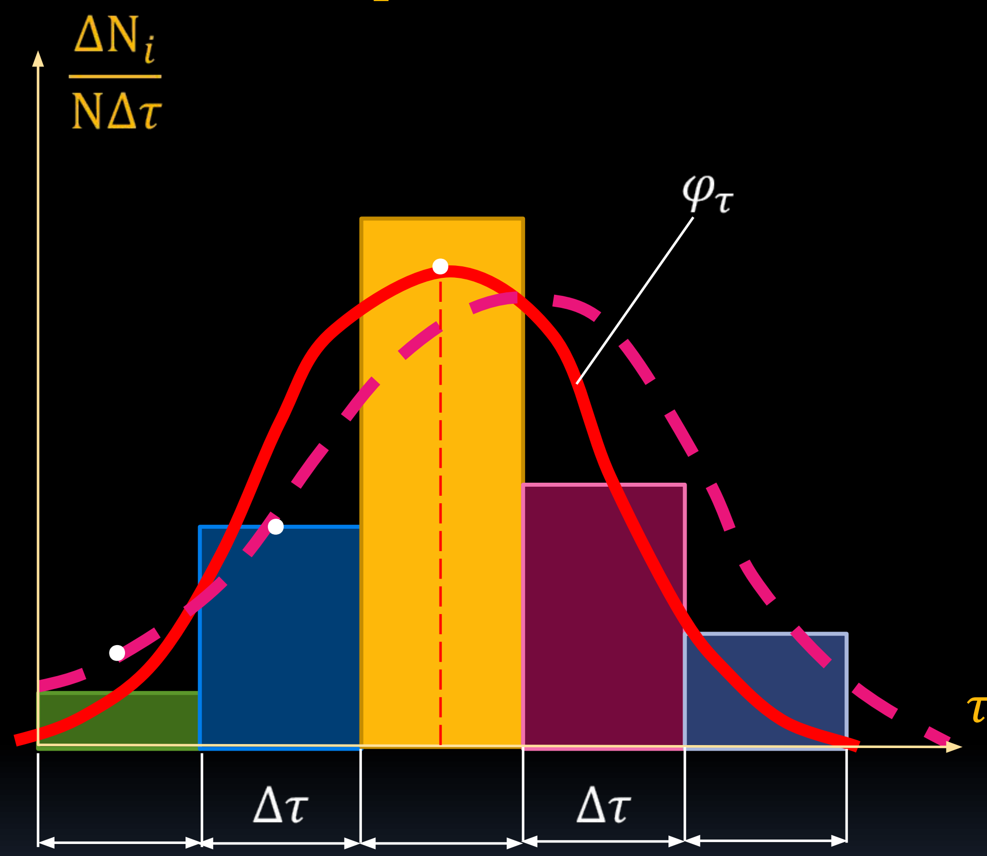
$(\mathrm{t}_i - \mathrm{t}_{i-1})$

определяется **как разность:**

  - $\mathrm{F}(\mathrm{t}_i) - \mathrm{F}(\mathrm{t}_{i-1})$



Идея решения



поставленной задачи сводится к приближенному определению двух **параметров**, входящих в формулу (**1**)

$$\varphi(\tau)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\boxed{\sigma}}\cdot e^{-\frac{(\tau-\boxed{\tau_{ср.}})^2}{2\sigma^2}};$$

Для этого,

- на основании дел ремонта при **двух** наработках, устанавливают ***доли*** отбраковки соответствующих **деталей**.
- Это позволяет

  найти две точки **закона** распределения при наработках τ_1 и τ_2 (точки 1 и 2, рис. 3.2.).

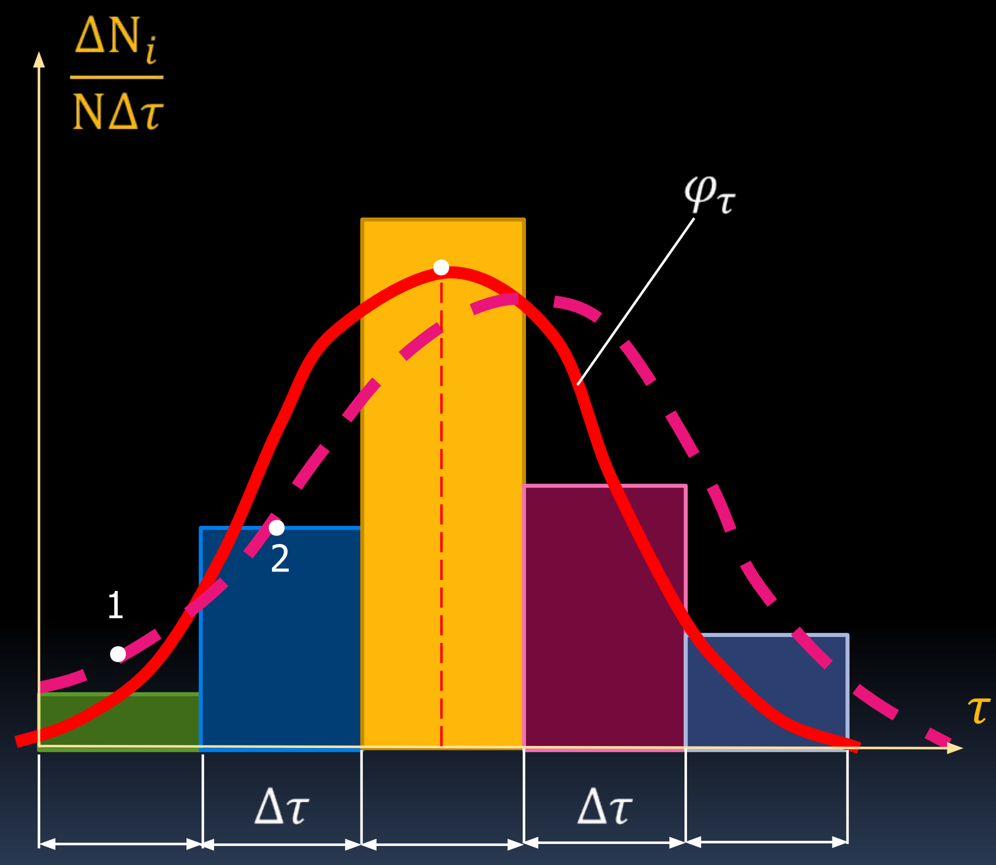
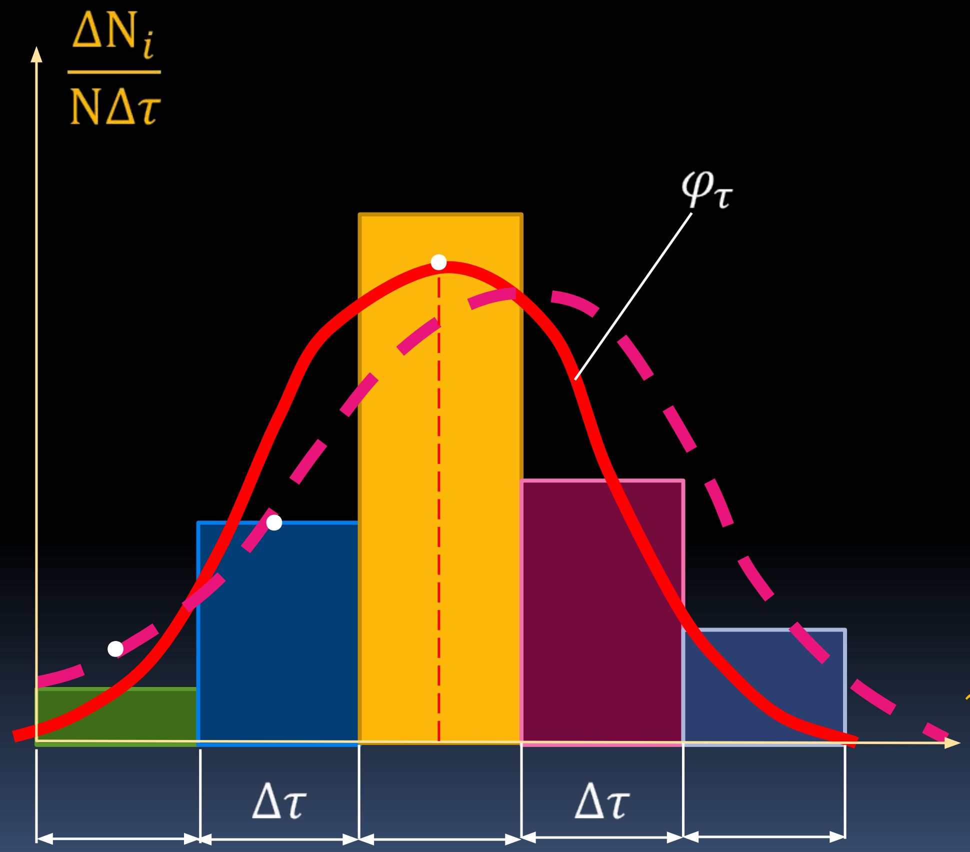


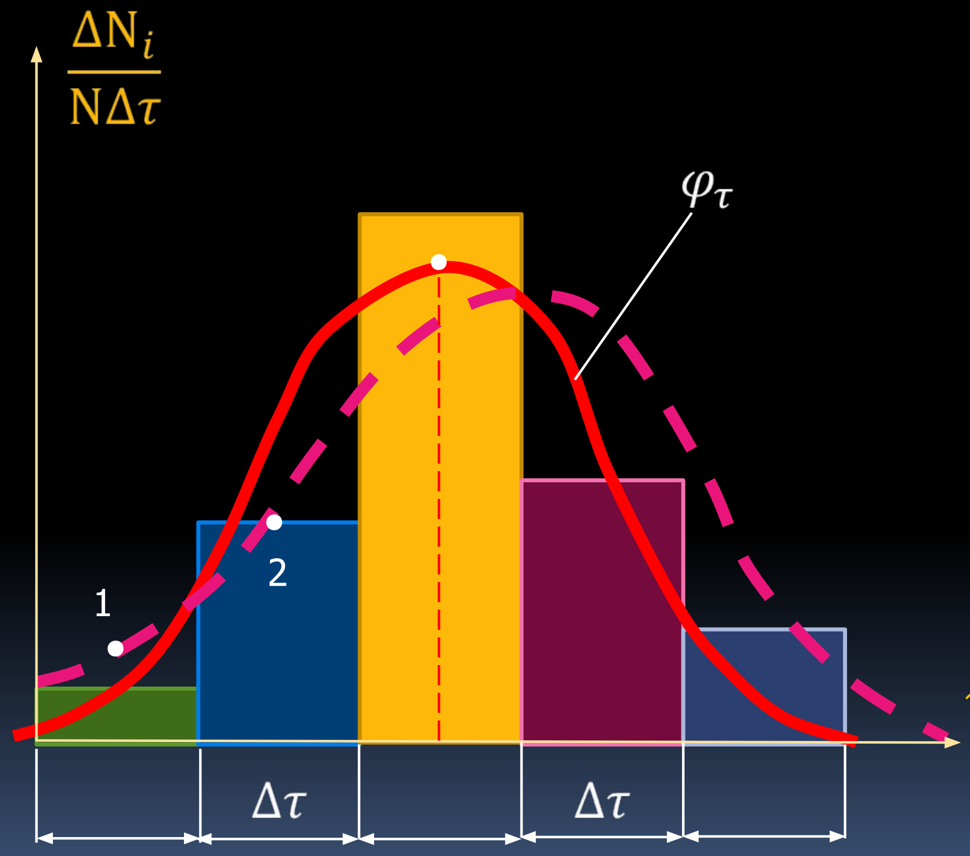
Рис. 3.2.



$\frac{\Delta N_i}{N\Delta\tau}$
φ_τ
τ
$\Delta\tau$
$\Delta\tau$

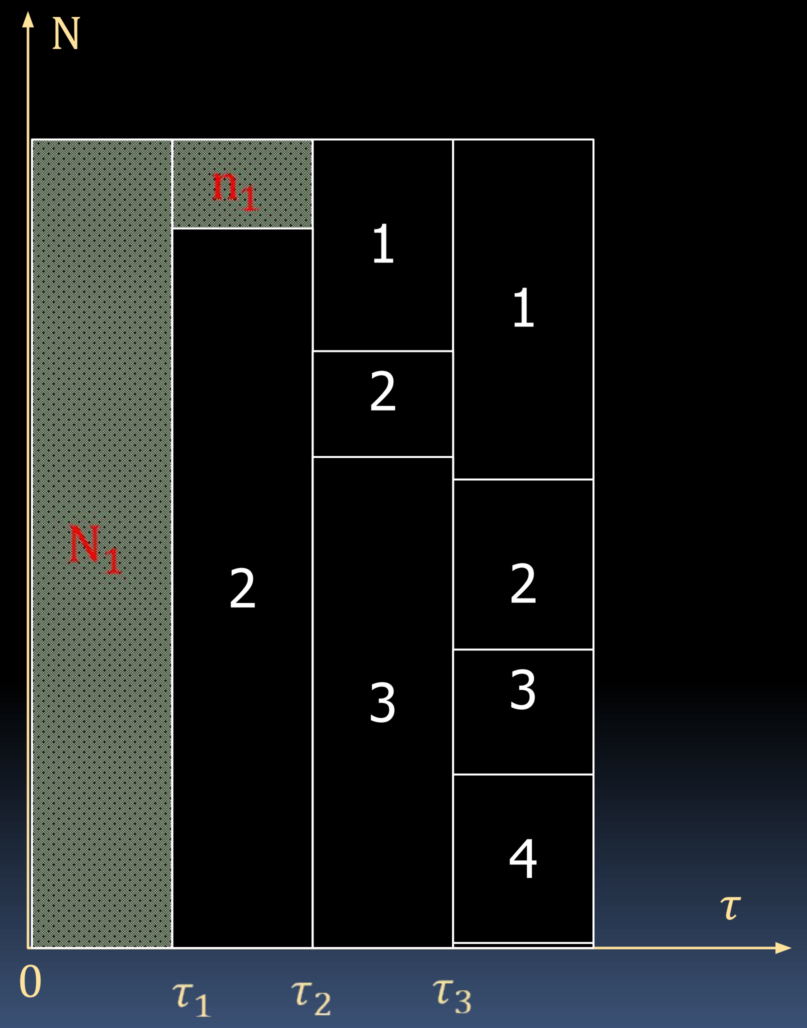
По этим точкам

- находят **приближенные** значения ***параметров*** закона распределения.
- Для нормального распределения это $\tau_{ср.}$ и σ .



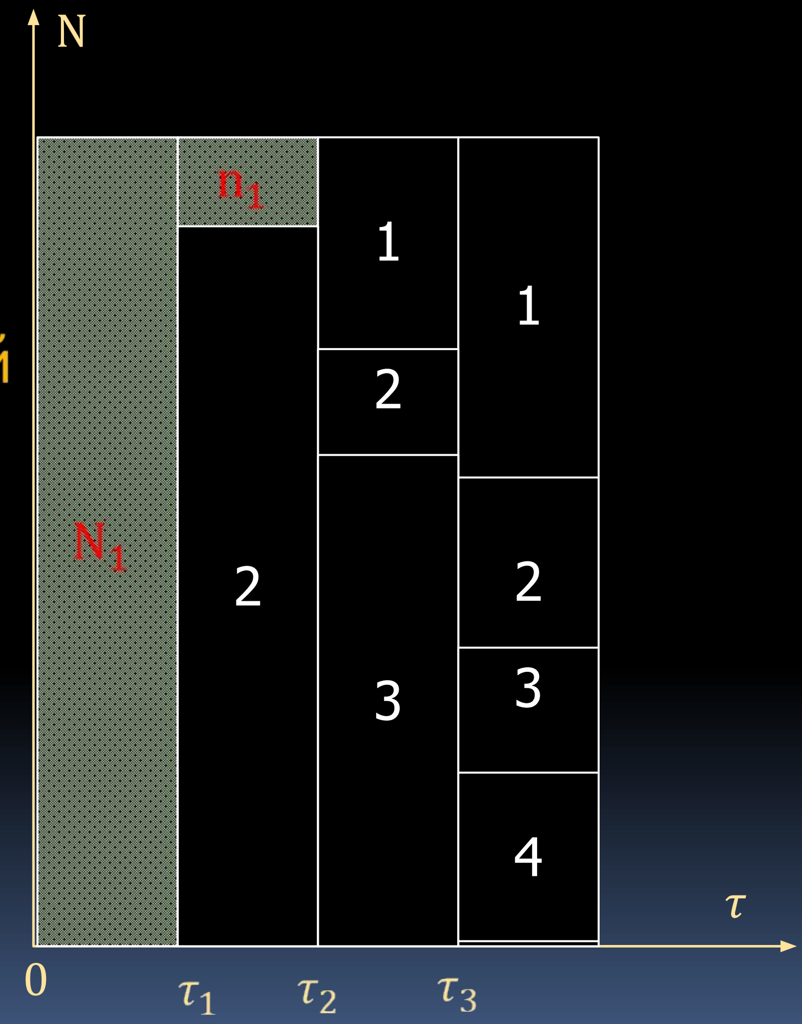
Пусть

- при первом ремонте (при наработке τ_1) продефектировано N_1 **однотипных** деталей, работающих в одинаковых условиях, n_1 из которых ***забраковано***.



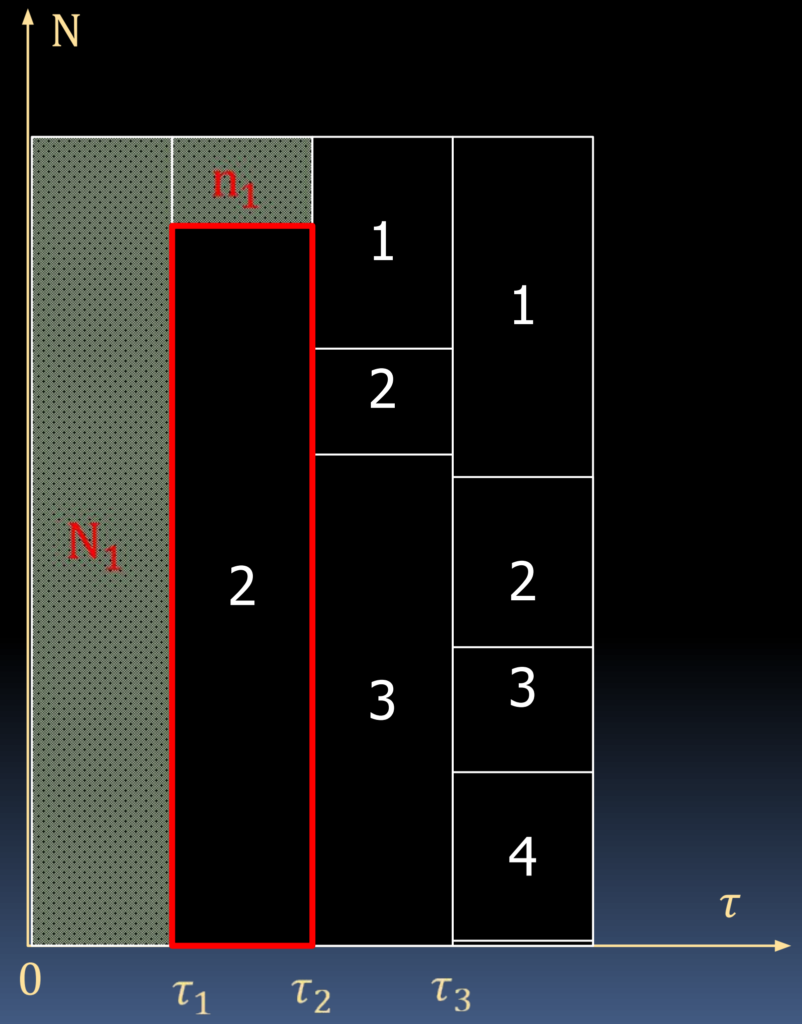
Если N_1,

- достаточно велико, то вероятность того, что **новая** деталь после наработки τ_1 будет ***пригодна*** к дальнейшей эксплуатации может быть приближенно принята **равной**:
- $$P(\tau > \tau_1) = P_1 = \frac{N_1 - n_1}{N_1} = 1 - \frac{n_1}{N_1};$$



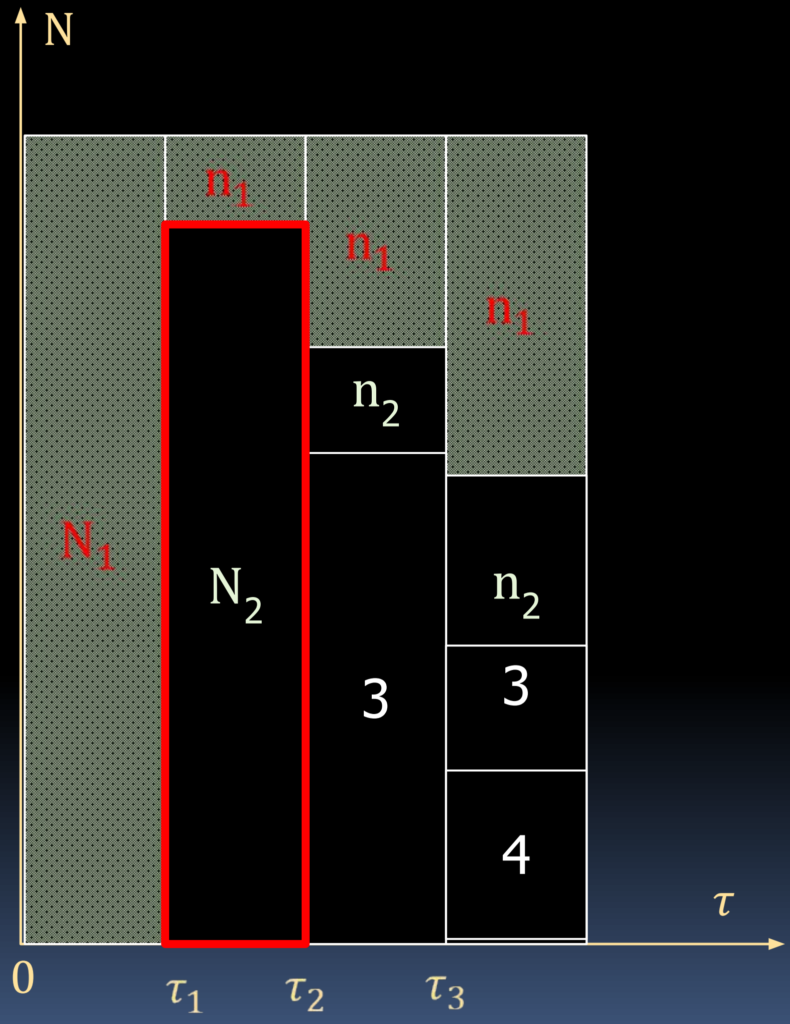
Из общего

- количества деталей продефектированных при **втором** ремонте выберем только те, которые соответствуют части диаграммы в интервале наработки от τ_1 до τ_2 .



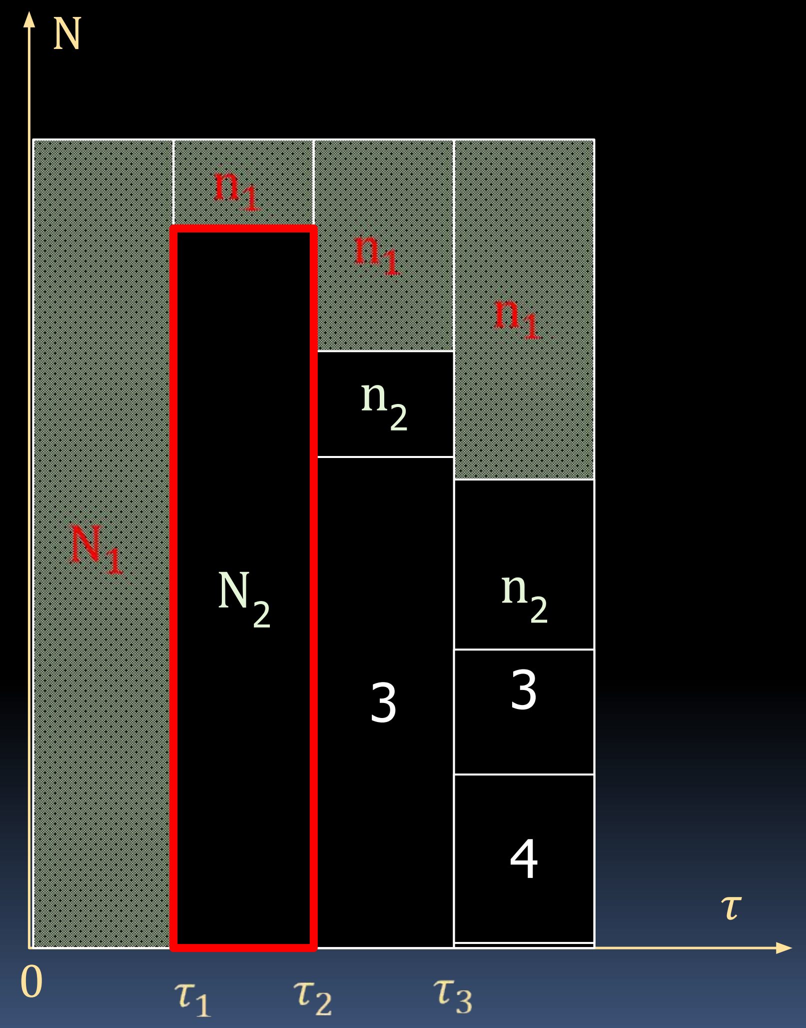
Это

- те детали, которые ко **втором у** ремонту имели наработку τ_2 .
- Такую выборку можно сделать по маркировке деталей, отражающей ***суммарную*** наработку с начала эксплуатации каждой из них.
- Пусть таких деталей было N_2 и из них n_2 ***забраковано*** .



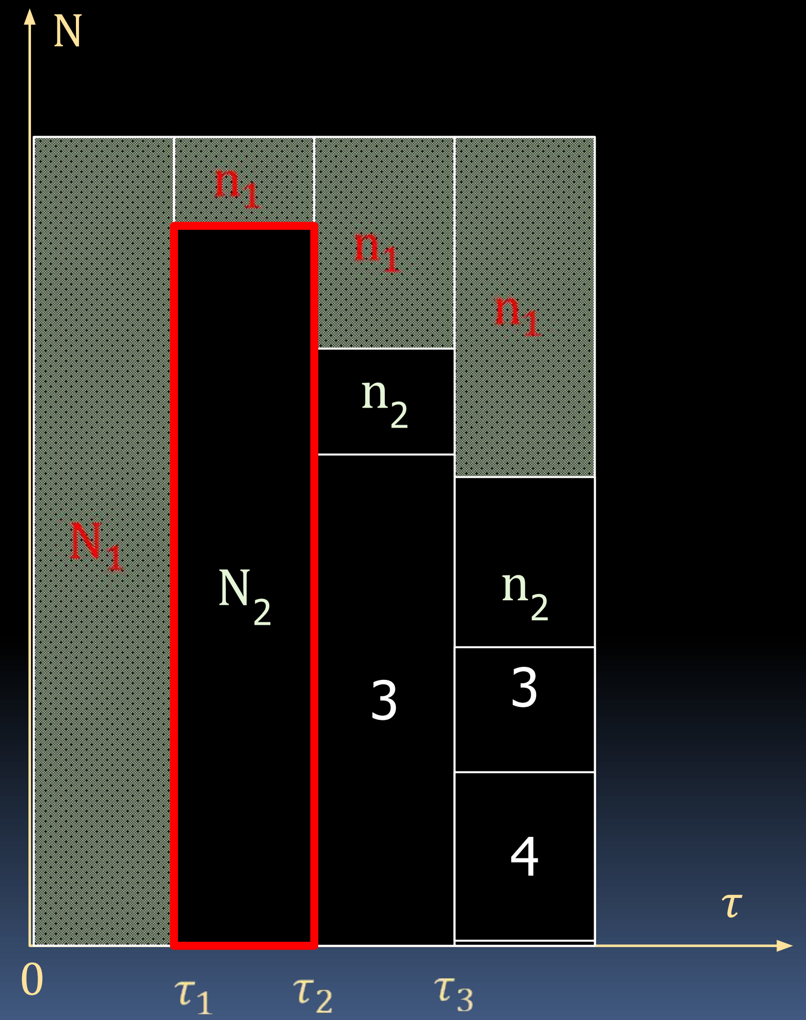
Тогда,

- **вероятность** того, что детали отработавшие по τ_2 часов будут ***пригодны*** к дальнейшей эксплуатации, приближенно может быть принята **равной**:
  - $P_2 = 1 - \frac{n_2}{N_2}$



Последнее событие,

т.е. возможность установки таких деталей на летательный аппарат при **втором** ремонте, является **зависимым** от первого события, заключающегося в том, что эти детали при **первом** ремонте были признаны ***годным***и к дальнейшей эксплуатации.



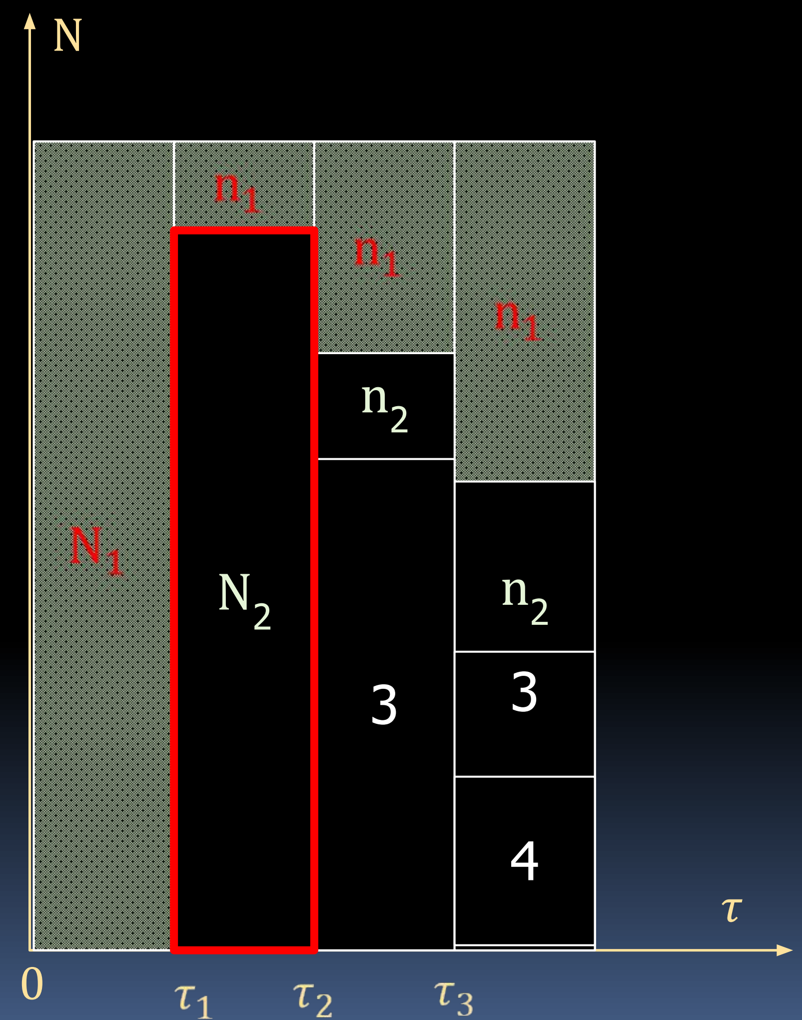
Поэтому

- вероятность того, что новая деталь, установленная на летальный аппарат в момент его изготовления, не будет забракована ни при первом (при τ_1), ни при втором (при τ_2) ремонтах, будет равна произведению вероятностей P_1 и P_2.

- $P(\tau>\tau_2)=P_1P_2=[1-\frac{n_1}{N_1}]\cdot[1-\frac{n_2}{N_2}]=1-[\frac{n_1}{N_1}+\frac{n_2}{N_2}]+\frac{n_1}{N_1}\cdot\frac{n_2}{N_2};$

Доли деталей,

- отбракованных соответственно при наработке τ_1 и суммарно при τ_1 и τ_2, равны:
  - $F(\tau_1)=1-P(\tau>\tau_1)=\frac{n_1}{N_1}$;
  - $F(\tau_2)=1-P(\tau>\tau_2)=$
$$=\frac{n_1}{N_1}+\frac{n_2}{N_2}-\frac{n_1}{N_1}\cdot\frac{n_2}{N_2};$$



Для удобства

- решения практических задач выразим интегральный закон нормального распределения через функцию **Лапласа**.
- Для этого представим $F(\tau)$ в виде :
  - $F(\tau)=\int_{-\infty}^{\tau} Y(\tau)d\tau = \int_{-\infty}^{\tau_{ср.}} Y(\tau)d\tau + \int_{\tau_{ср.}}^{\tau} Y(\tau)d\tau$;
  - Так как для нормального закона распределения $\int_{-\infty}^{\tau_{ср.}} Y(\tau)d\tau = 0.5;$
- то:
- $F(\tau)=0.5 + \int_{\tau_{ср.}}^{\tau} Y(\tau)d\tau = 0.5 + \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{\tau_{ср.}}^{\tau} e^{-\frac{(\tau-\tau_{ср.})^2}{2\sigma^2}} d\tau.$

В последнем выражении

- введем **новую переменную**:
  - $U = \frac{\tau - \tau_{ср.}}{\sigma}$;
- Ее ***дифференциал*** равен:
  - $du = \frac{d\tau}{\sigma}$;
- Подставляя новую переменную и меняя пределы интегрирования, **получим**:
- $F(\tau) = 0.5 + \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{\tau_{ср.}}^{\tau} e^{-\frac{(\tau - \tau_{ср.})^2}{2\sigma^2}} d\tau = 0.5 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{0}^{u} e^{-\frac{(u)^2}{2}} du$;

Выражение

- $$\Phi(u)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{0}^{u} e^{-\frac{(u)^{2}}{2}}du;$$

называется функцией Лапласа.

- Ее величину в зависимости от переменной U можно определить по таблице (см. ниже) или рассчитать по эмпирической **формуле**:
  - $\Phi(u)=0.478u^{1.04\sigma}\varepsilon_{xp}(-0.3\sigma u)$; **(2).**

u	Φ(u)	u	Φ(u)	u	Φ(u)	u	Φ(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
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		

Знак функции $\Phi(u)$

u	Φ(u)	u	Φ(u)	u	Φ(u)	u	Φ(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
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		

равен знаку параметра u , т.е. если u - **отрицательная** величина, то $\Phi(u)$ тоже ***отрицательна.***

- Итак, выражая $F(\tau)$ через функцию Лапласа, **имеем**:
  - $\mathbf{F(\tau)= 0.5+ \Phi(u)}$

Подставляя

- сюда ранее найденные величины $\mathrm{F}(\tau)$ для наработок τ_1 и τ_2, **получим**:
  - $\mathrm{F}(\tau_1)=0.5+\Phi(u_1)\cong\frac{n_1}{N_1}$;
  - $\mathrm{F}(\tau_2)=0.5+\Phi(u_2)\cong\frac{n_1}{N_1}+\frac{n_2}{N_2}-\frac{n_1}{N_1}\cdot\frac{n_2}{N_2}$;
  - $\Phi(u_1)=\frac{n_1}{N_1}-0.5=\Phi_1$; (3)
  - $\Phi(u_2)=\frac{n_1}{N_1}+\frac{n_2}{N_2}\cdot\frac{n_1}{N_1}\cdot\frac{n_2}{N_2}-0.5=\Phi_2$; (4)

По двум

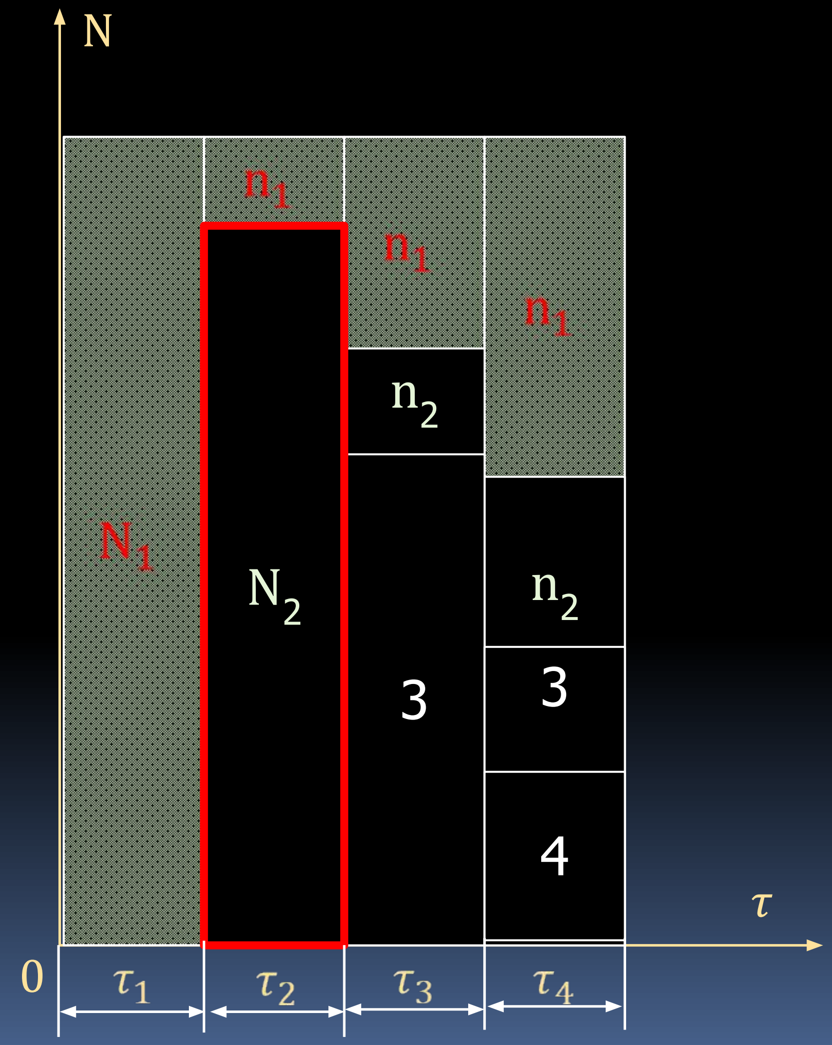
- найденным значениям Φ_1 и Φ_2 в таблице находим численные значения аргументов u_1 и u_2 .
- Подставляя их в равенство $u = \frac{\tau - \tau_{ср.}}{\sigma}$, получим два уравнения с ***двумя*** неизвестными :
  - $\frac{\tau_1 - \tau_{ср.}}{\sigma} = u_1;$
  - $\frac{\tau_2 - \tau_{ср.}}{\sigma} = u_2$.

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
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		

Рис. Значения функции $\Phi(u)$

Решая

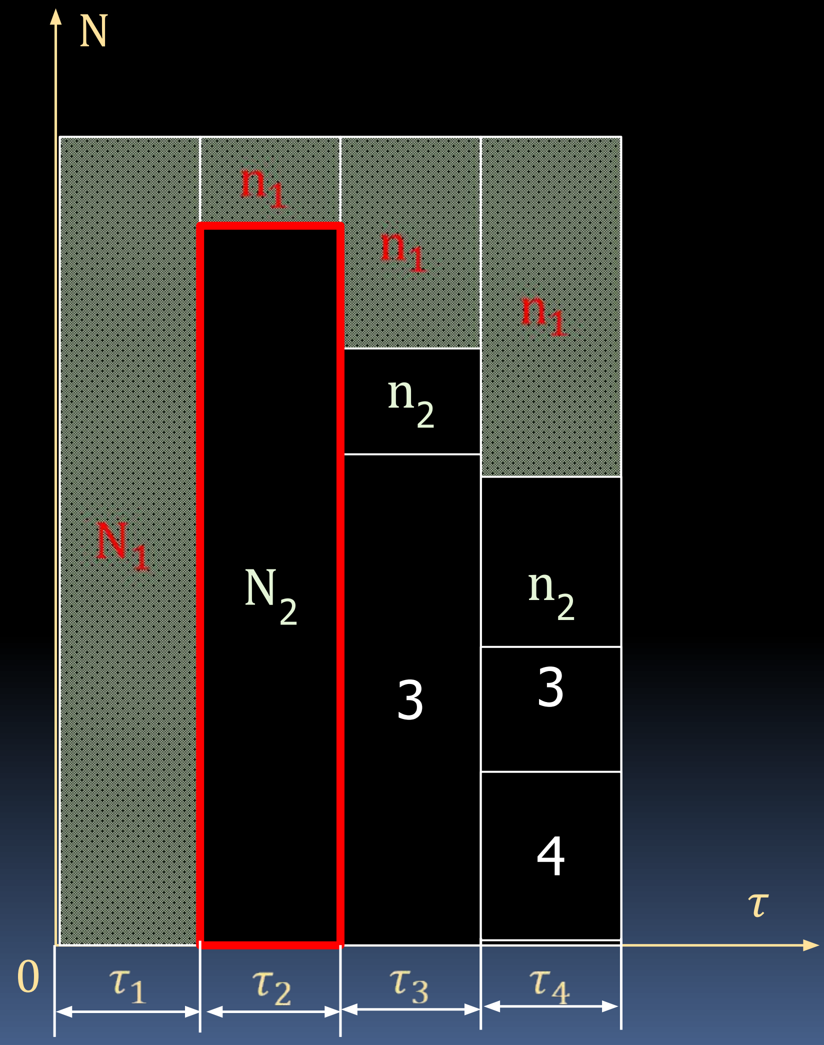
- их совместно, найдем:
  - $\tau_{ср.} = \frac{\tau_1 u_2 - \tau_2 u_1}{u_2 - u_1}$; (5)
  - $\sigma = \frac{\tau_2 - \tau_1}{u_2 - u_1}$ (6)
- Зная величины $\tau_{ср.}$ и σ, можно ***прогнозировать*** отбраковку деталей при любой наработке $\tau > \tau_2$.



Например,

- при наработке τ_3 (при третьем ремонте) доля отбраковки от суммарного их количества, установленного на летательном аппарате (или группе аппаратов) в момент его изготовления, будет **равна:**
  - $F(\tau_3) - F(\tau_2) =$

$$=\Phi\left[\frac{\tau_3-\tau_{ср.}}{\sigma}\right] - \Phi\left[\frac{\tau_2-\tau_{ср.}}{\sigma}\right]; \quad (7)$$



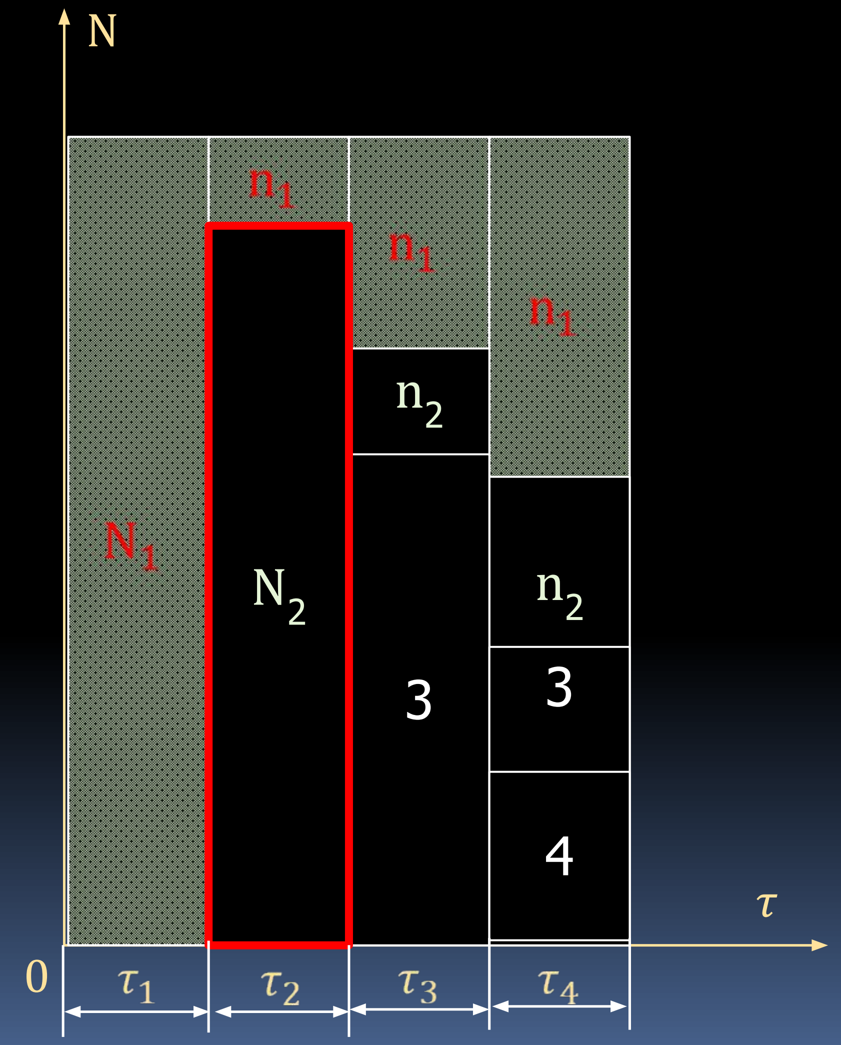
Каждая

- из этих деталей имеет в этот момент наработку, равную τ_3 .
- Вычислив аргументы $\frac{\tau_3 - \tau_{ср.}}{\sigma}$ и $\frac{\tau_2 - \tau_{ср.}}{\sigma}$ находим два значения функции Лапласа и их разность, т.е. решаем поставленную задачу, вернее, часть задачи, так как еще будет забракована часть тех деталей, которые отработали к этому моменту по τ_1 и τ_2 часов.

Они

были установлены взамен забракованных, соответственно, при втором и первом ремонтах и имели в момент установки наработку, равную ***нулю***.

- Долю отбраковки этих деталей определяют по только что изложенной методике.



Точность прогноза

- отбраковки деталей зависит **от точности** определения $\tau_{ср.}$ и σ .
- Так как эти параметры вычисляют по **неполным** статистическим данным, то возможны ***ошибки*** в их определении и, следовательно, в прогнозе отбраковки деталей.

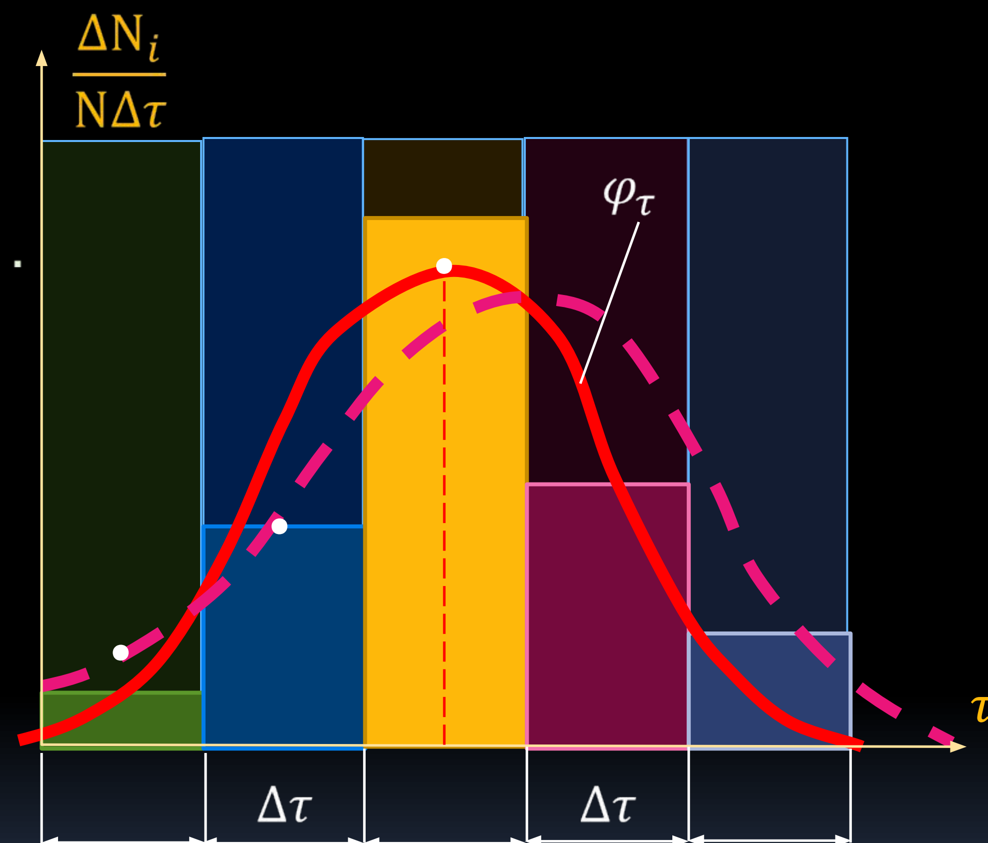


Рис. График отбраковки деталей за период эксплуатации $\Delta\tau$

В качестве примера

на рис. 3.2 показано **несовпадение** первых двух экспериментальных точек (1 и 2) с координатами кривой изменения $\varphi(\tau)$.

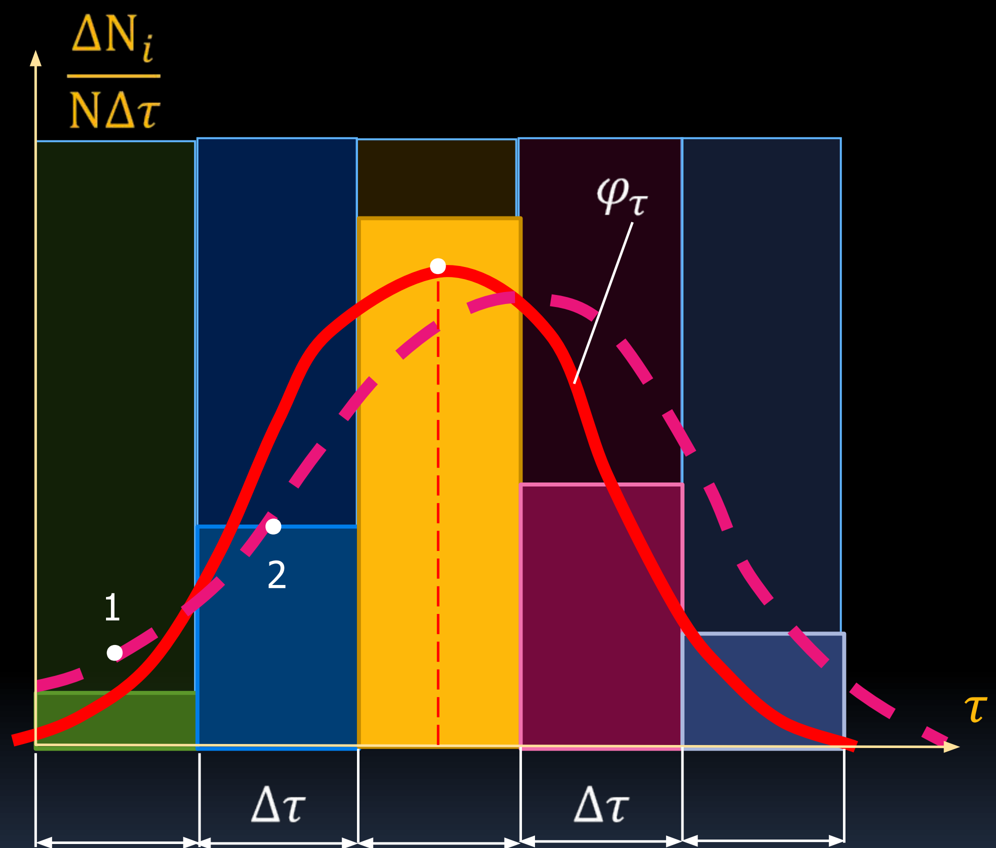


Рис.3.2. График отбраковки деталей за период эксплуатации $\Delta\tau$

В этом случае

- расчет по предлагаемой **методике** даст ***завышенные*** значения параметров $\tau_{ср.}$ и σ.

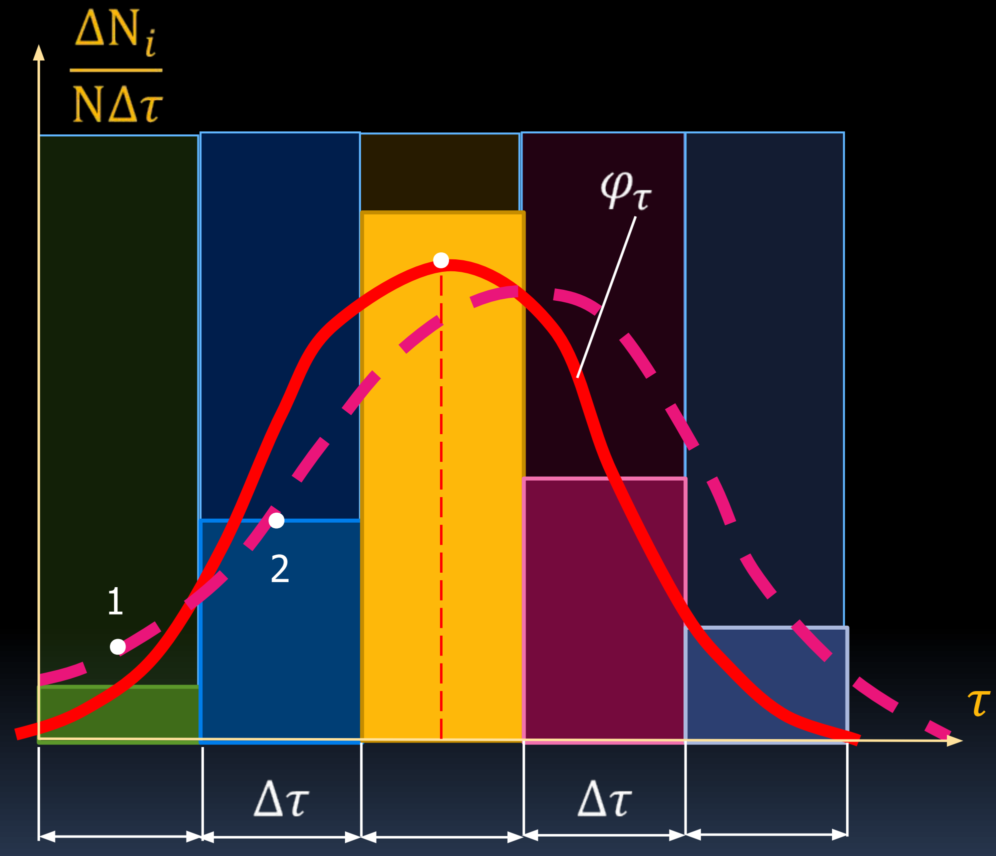


Рис.3.2. График отбраковки деталей за период эксплуатации $\Delta\tau$

Расчетная

кривая распределения, показанная пунктиром, сдвигается ***вправо.***

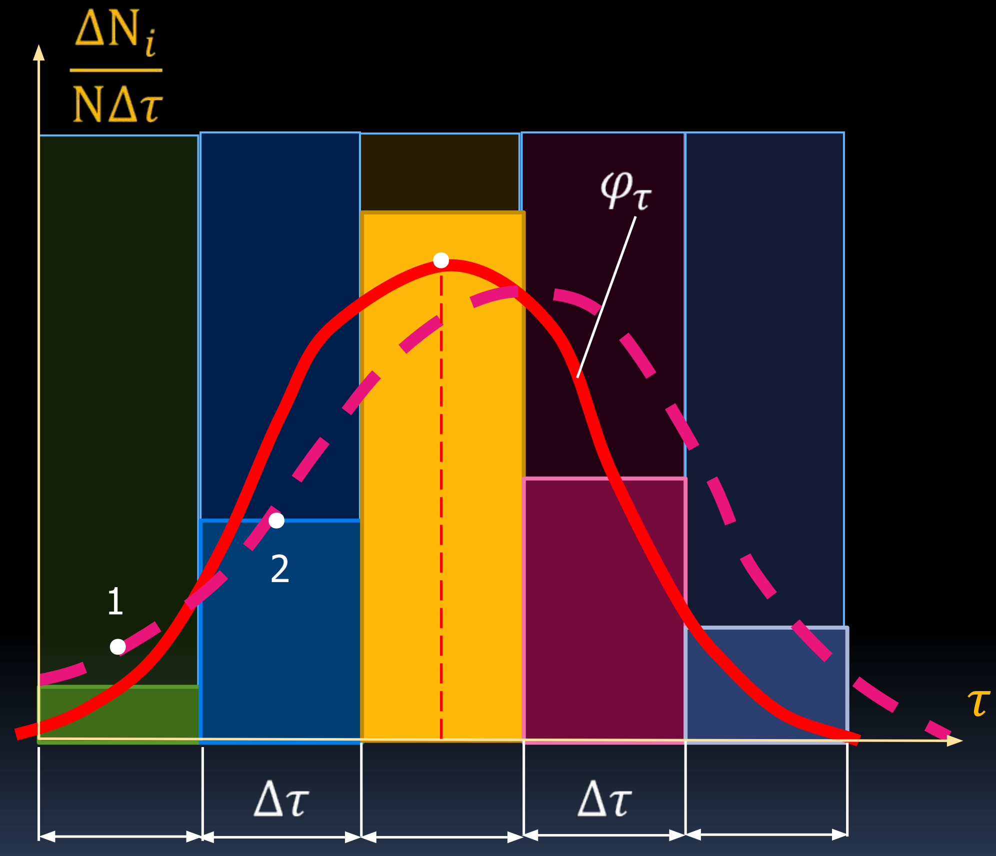


Рис.3.2. График отбраковки деталей за период эксплуатации $\Delta\tau$

Расчет

- на основании **неточно** определенных параметров $\tau_{ср.}$ и σ даст, в рассматриваемом случае, как ***занижение*** (при **третьем** ремонте), так и ***завышение*** (при **пятом** ремонте) расчетных данных по отбраковке деталей.

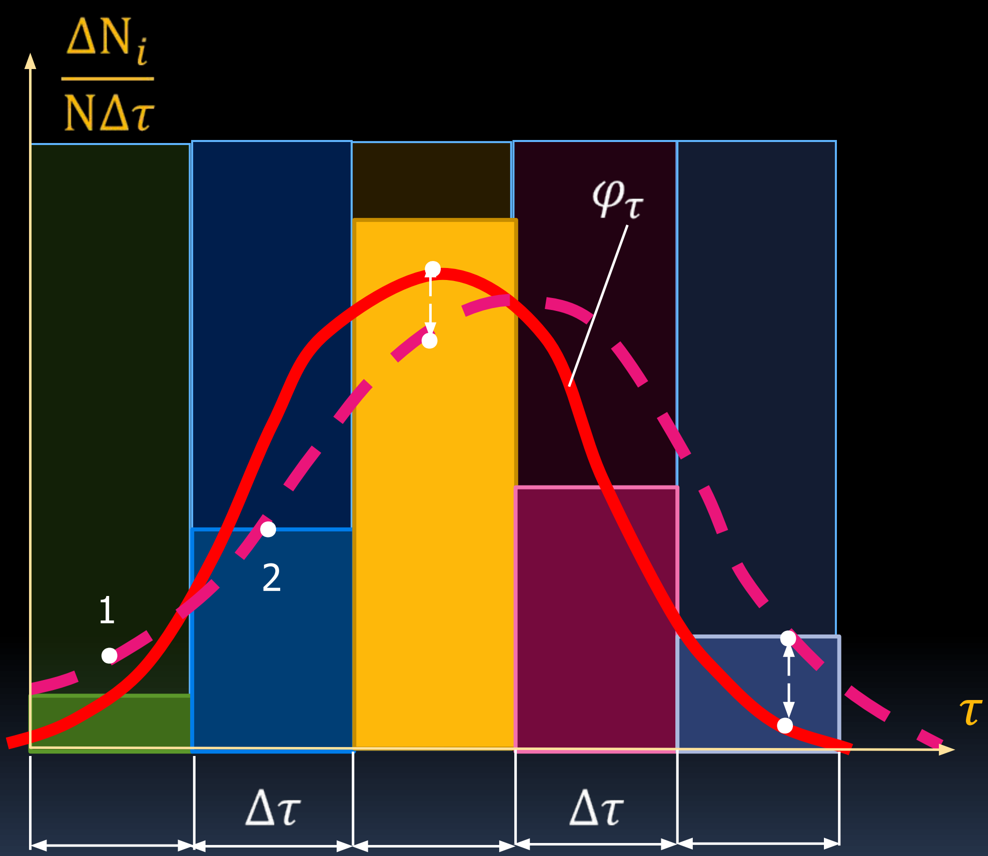


Рис.3.2. График отбраковки деталей за период эксплуатации $\Delta\tau$

В связи

с изложенным, приведенную методику расчета рекомендуют использовать для прогноза отбраковки деталей только после ***первого*** ближайшего периода наработки.

- В рассматриваемом случае это сведется к **прогнозу** отбраковки при ***третьем*** ремонте летательных аппаратов.

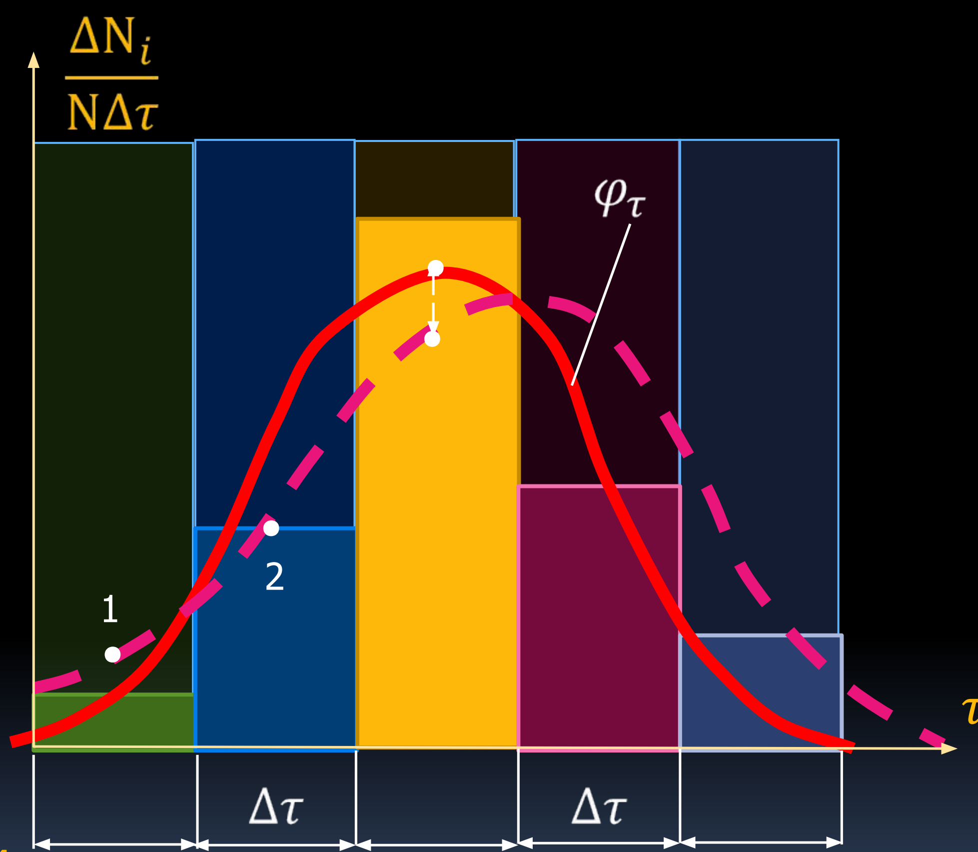


Рис.3.2. График отбраковки деталей за период эксплуатации $\Delta\tau$

Для прогнозирования

отбраковки при четвертом ремонте необходимо произвести **уточнение** параметров распределения по статистическим данным, полученным при первых ***двух*** и при ***третьем*** ремонтах.

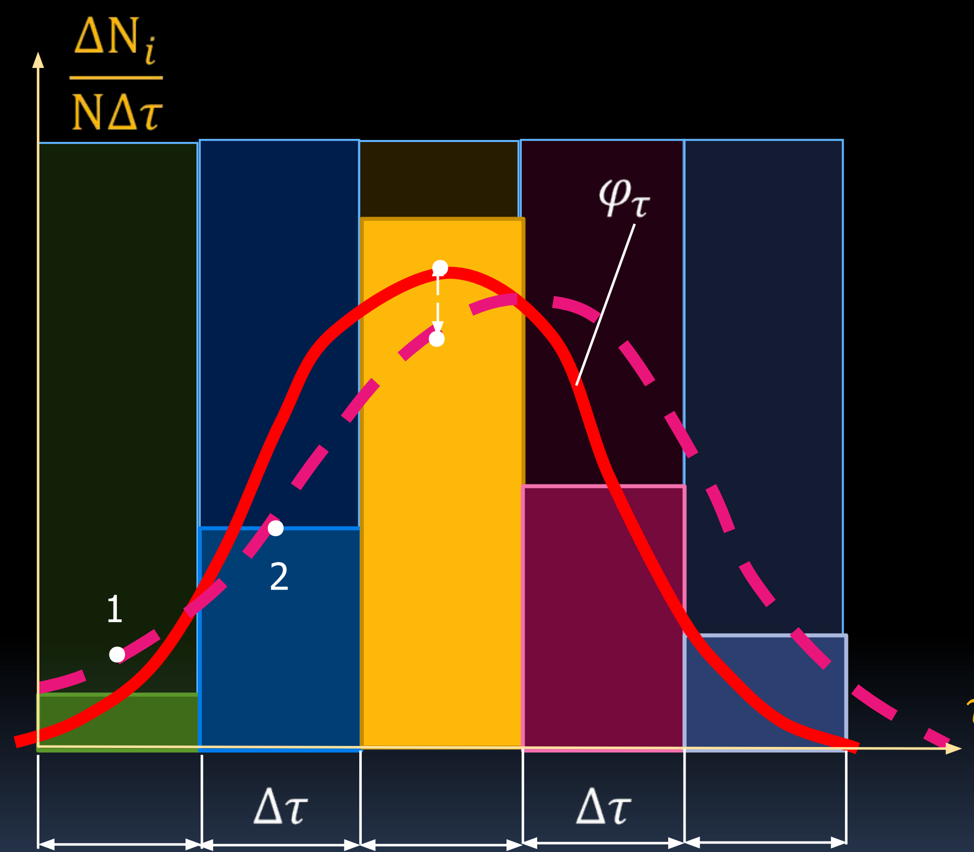
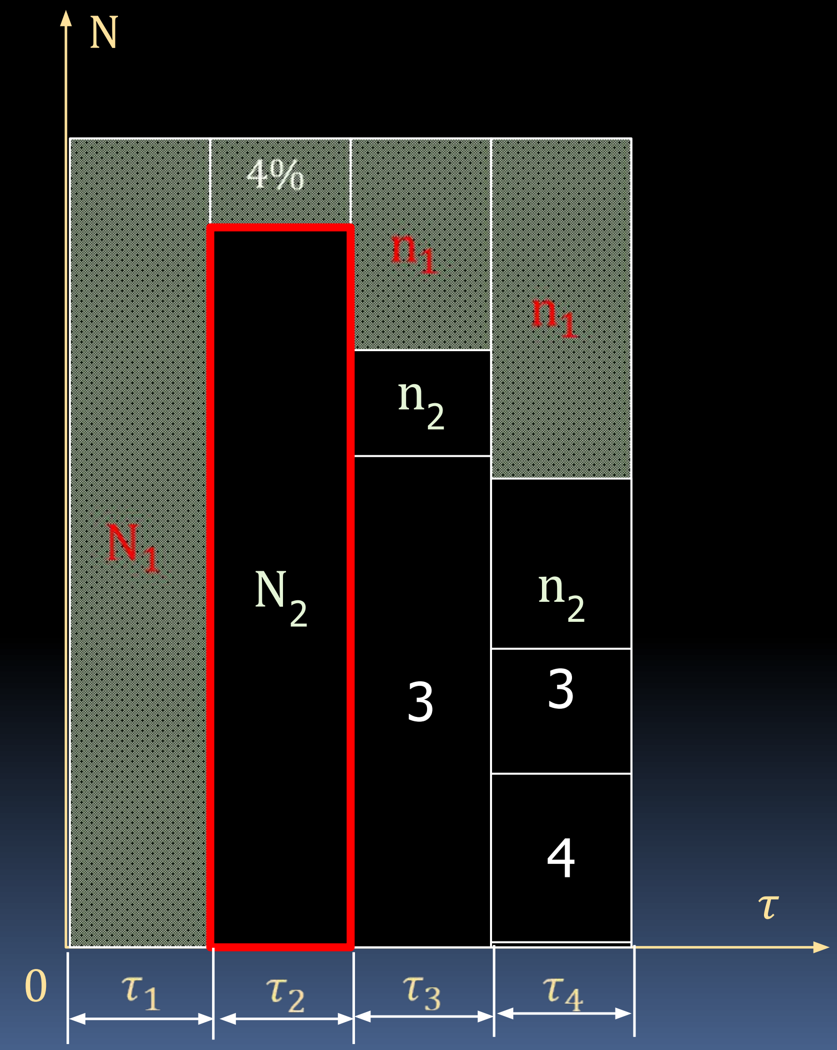


Рис.3.2. График отбраковки деталей за период эксплуатации $\Delta\tau$

Для уточнения

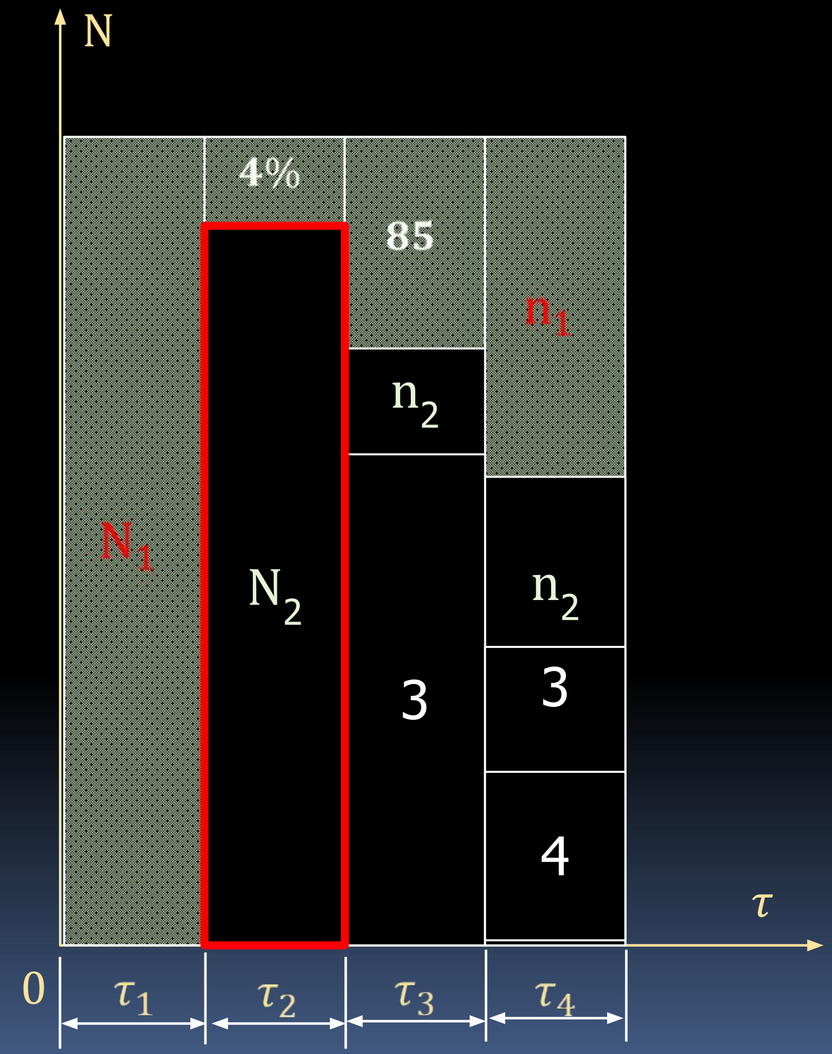
методики расчета рассмотрим ***пример*** прогнозирования отбраковки деталей.

- На основании изучения дел ремонта летательных аппаратов установлено, что при **первом** ремонте отходит в брак **4**% однотипных деталей, работающих в ***идентичных*** условиях механического изнашивания.



При втором

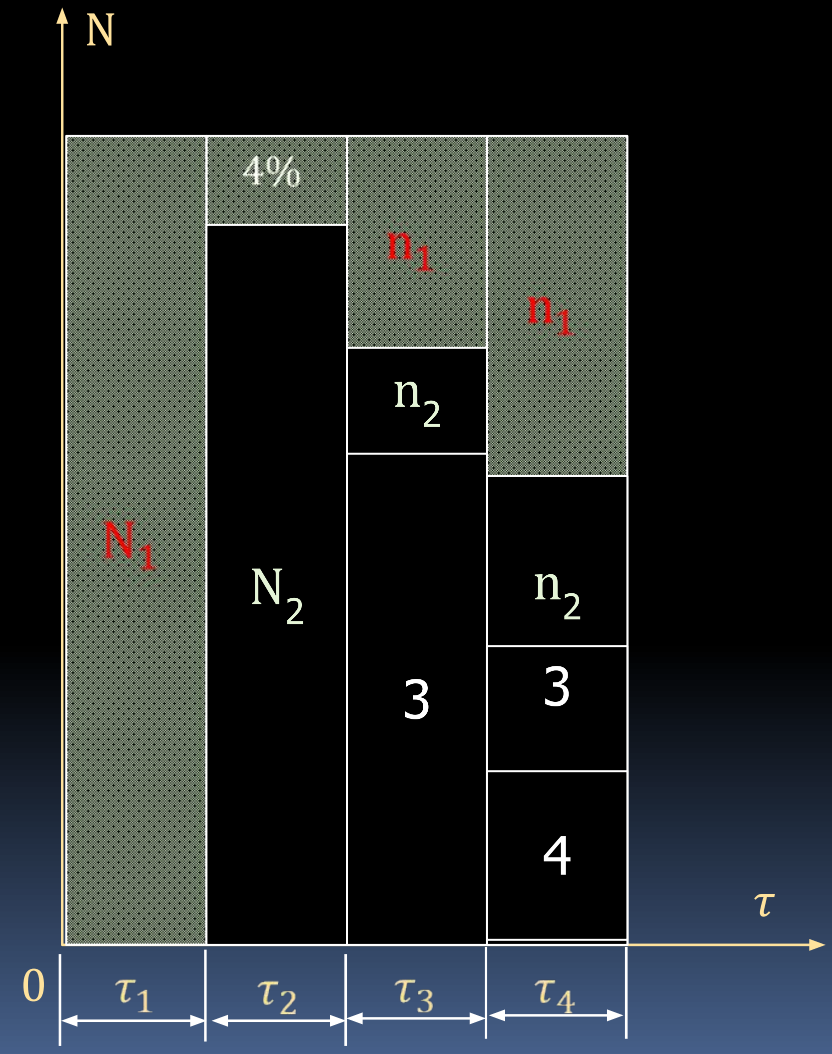
ремонте **12** летательных аппаратов было продефектировано **720** таких деталей, 85 из которых ***забраковано***.



Межремонтный ресурс

летательного аппарата равен **гарантийному** и не зависит от порядкового номера ремонта.

- Определить, сколько таких деталей будет ***забраковано*** на 15 летательных аппаратах при третьем ремонте.

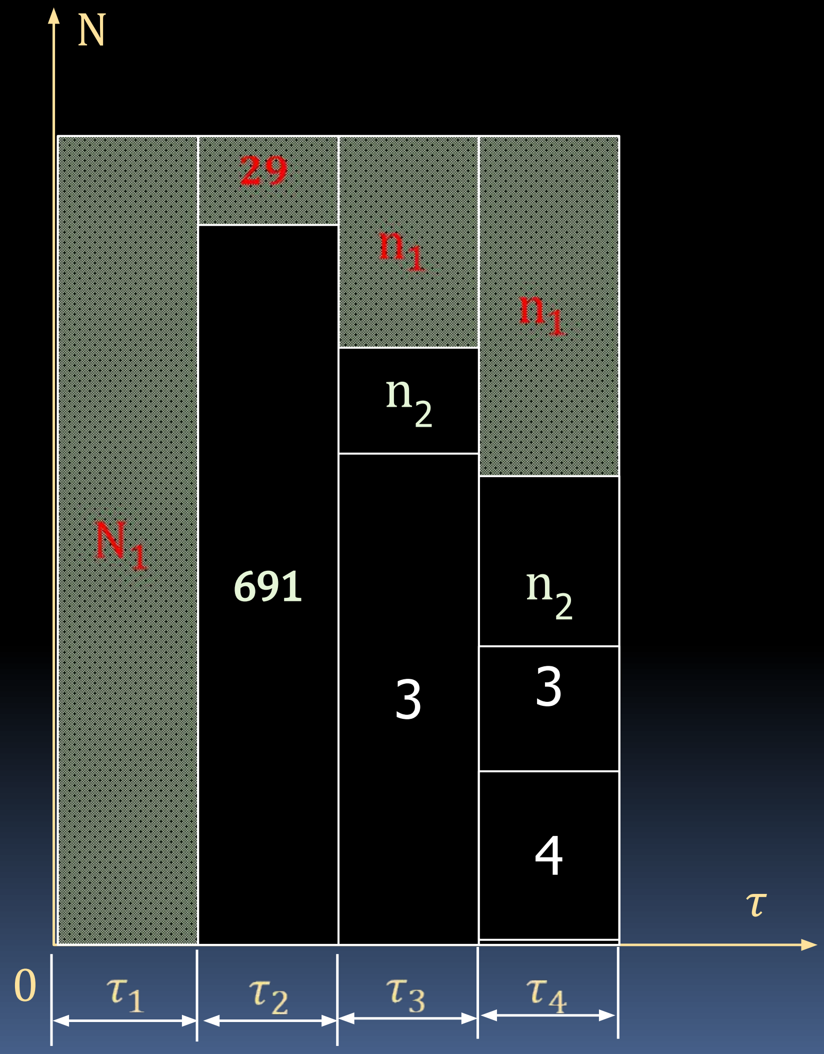


Из условия задачи

- следует, что:
  - $\frac{n_1}{N_1}$ =00.4 ;
- Функция Лапласа (формула 3), соответствующая наработке $\tau_1 = \tau_{\text{ср.}}$, будет равна:
  - $\Phi_1 = \frac{n_1}{N_1}$ - 0,5 = -0,46 ;
- В количестве **720** деталей, продефектированных при **втором** ремонте, входят детали с наработкой $\tau_2 = 2\tau_{\text{р.}}$, а также с наработкой $\tau_1 = \tau_{\text{р.}}$

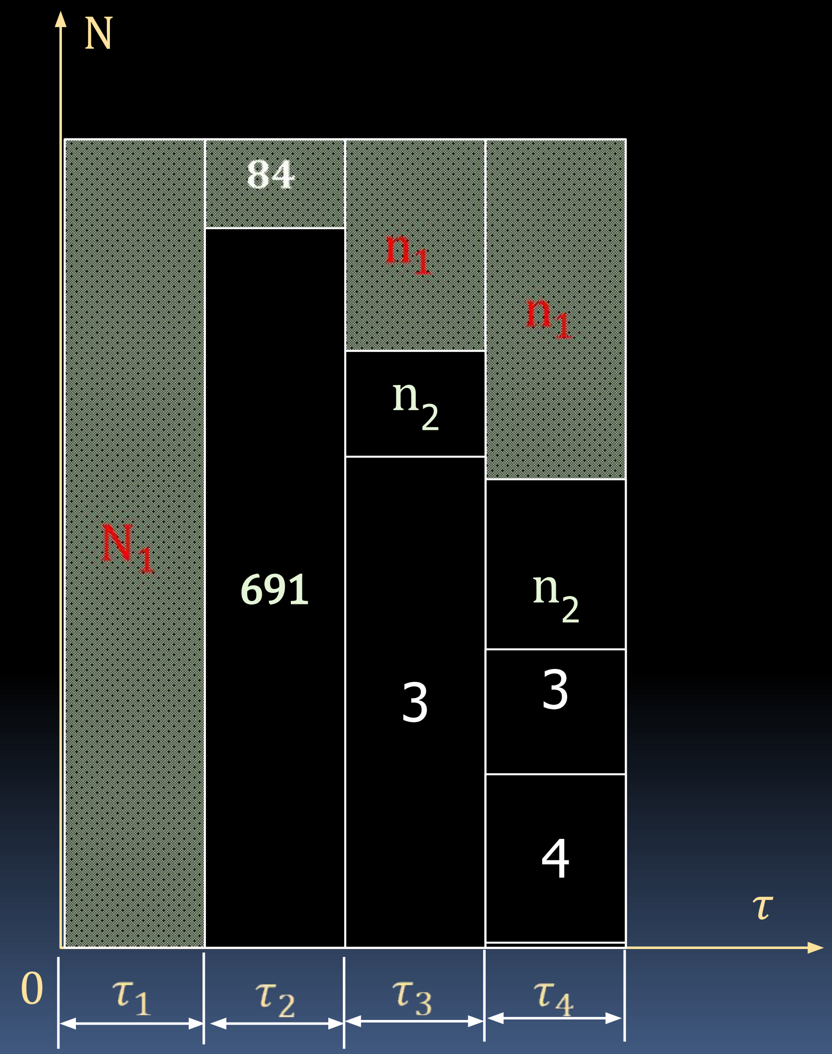
Те из них,

- которые в этот момент имели наработку, равную одному межремонтному ресурсу, были установлены при первом ремонте взамен забракованных, их количество равно:
- $0{,}04 \cdot 720 = 29.$
- Следовательно, при втором ремонте из 720 деталей 691 имела наработку по $2\tau_{р.}$, а 29 деталей - по $\tau_{р.}$.



Из этих

- 29 деталей при **втором** ремонте летательных аппаратов ***забракована*** 0,04 · 29 = 1 деталь.
- А так как при **втором** ремонте всего было забраковано 85 деталей, то 84 из них имеют наработку $2\tau_{\text{р.}}$.
- Таким образом, в принятых ранее обозначениях мы имеем N_2 =691 и n_1 =84 .



Подставляя

u	Φ(u)	u	Φ(u)	u	Φ(u)	u	Φ(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
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		

- полученные численные значения в формулу (4), находим:
- $\Phi_2 = \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_1}{N_1} - \frac{n_1}{N_1} \cdot \frac{n_2}{N_2} - 0.5 = 0.04 + \frac{84}{691} - 0.04\frac{84}{691} - 0.5 = -0.343$;
- Для значений $\Phi_1 = -0.46$ и $\Phi_2 = -0.343$ в таблице определим $U_1 = -1.75$ и $U_2 = -1.01$.

Подставляя

- эти величины в выражения (5) и (6), а также $\tau_1 = \tau_p$ и $\tau_2 = 2\tau_p$ определим параметры ***нормального*** закона распределения $\tau_{ср.}$ и σ :

- $$\tau_{ср.} = \frac{-1.01 \cdot \tau_{р.} - 1.75 \cdot 2\tau_{р.}}{-1.01 + 1.75} = 3.36\,\tau_{р.};$$

- $$\sigma = \frac{2\tau_{р.} - \tau_{р.}}{-1.01 + 1.75} = 1.35\tau_{р.}$$

Доля отбраковки

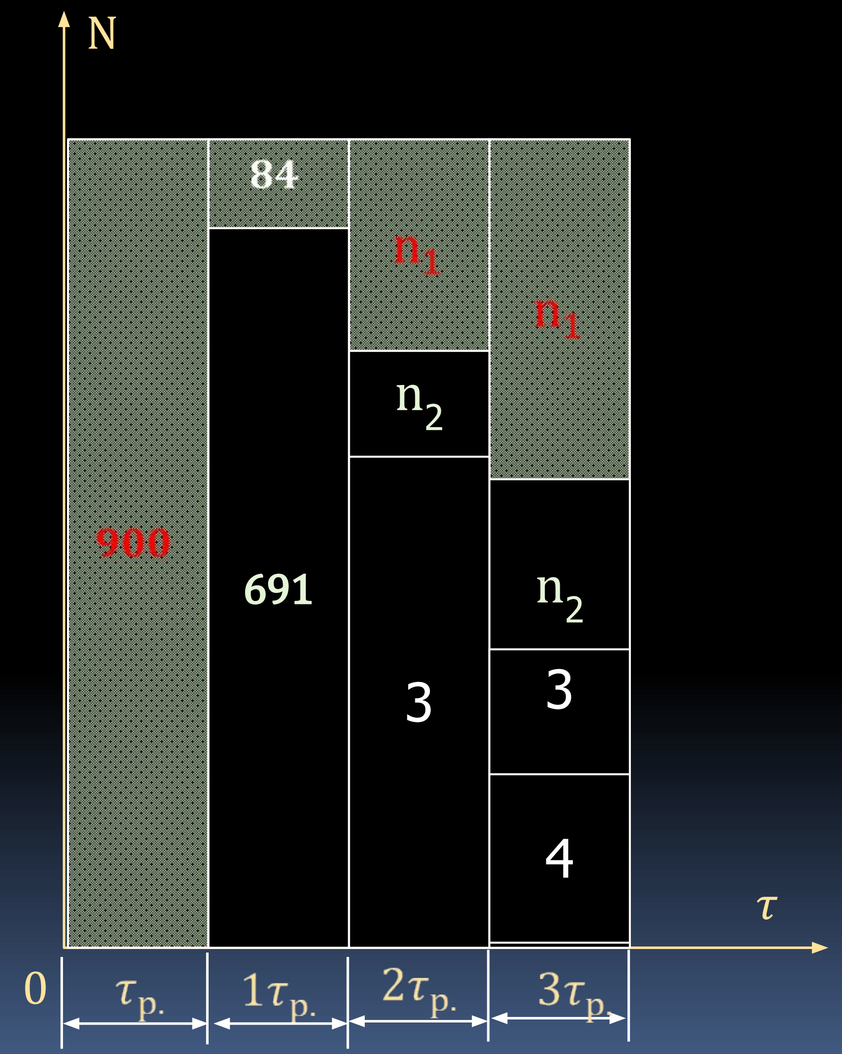
- при **третьем** ремонте только тех деталей, которые были установлены на летательном аппарате в ***момент*** его изготовления, определяется равенством (7).
- Для **количественной** оценки этой доли вычислим :

- $U_3 = \frac{\tau_3 - \tau_{ср.}}{\sigma} = \frac{3\tau_р - 3.36\tau_р}{1.35\tau_р} = -0.267$

и определим $\Phi_3(-0.267) = -0.10$.

Подставляя

- полученные величины в (7), найдем долю отбраковки первоначально установленных на **ЛА** деталей при **третьем** его ремонте:
    - $\Phi(U_3) - \Phi(U_2) =$
  - $-0.101 + 0.3432 = 0.242$
- Полученные данные позволяют ответить на **вопрос**, поставленный в рассматриваемом ***примере***.

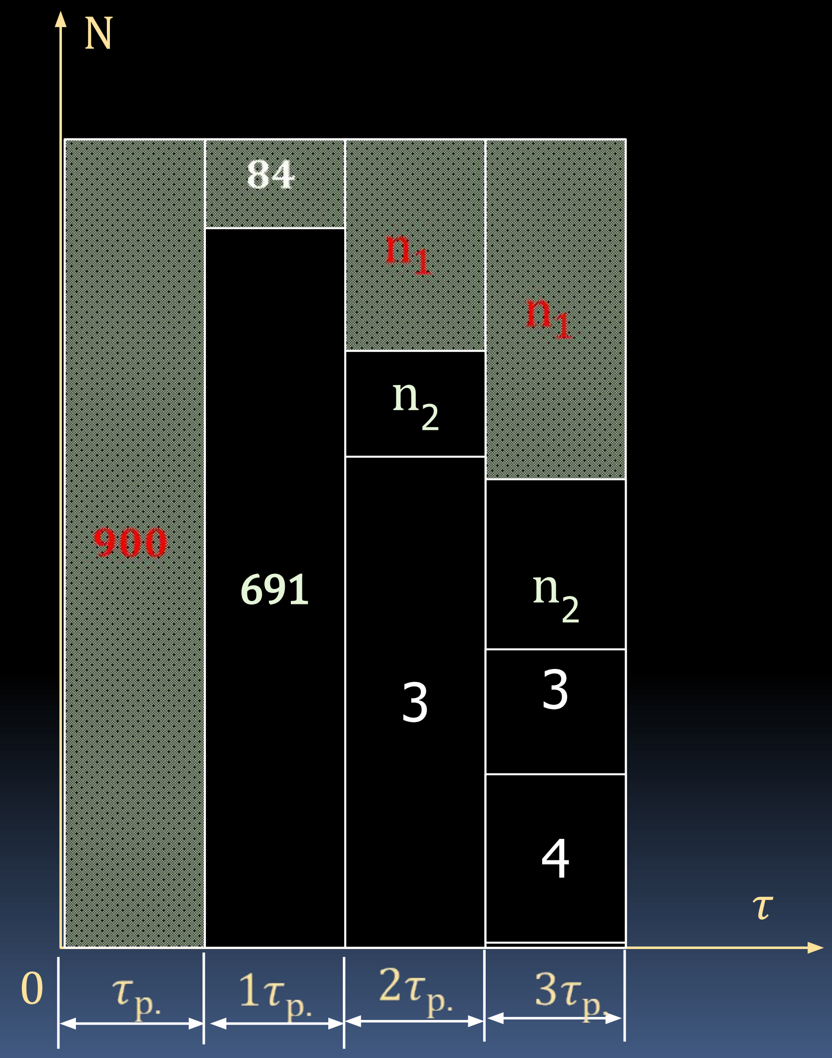


Из условия

задачи следует, что на каждом летательном аппарате установлено по 60 исследуемых ***деталей***.

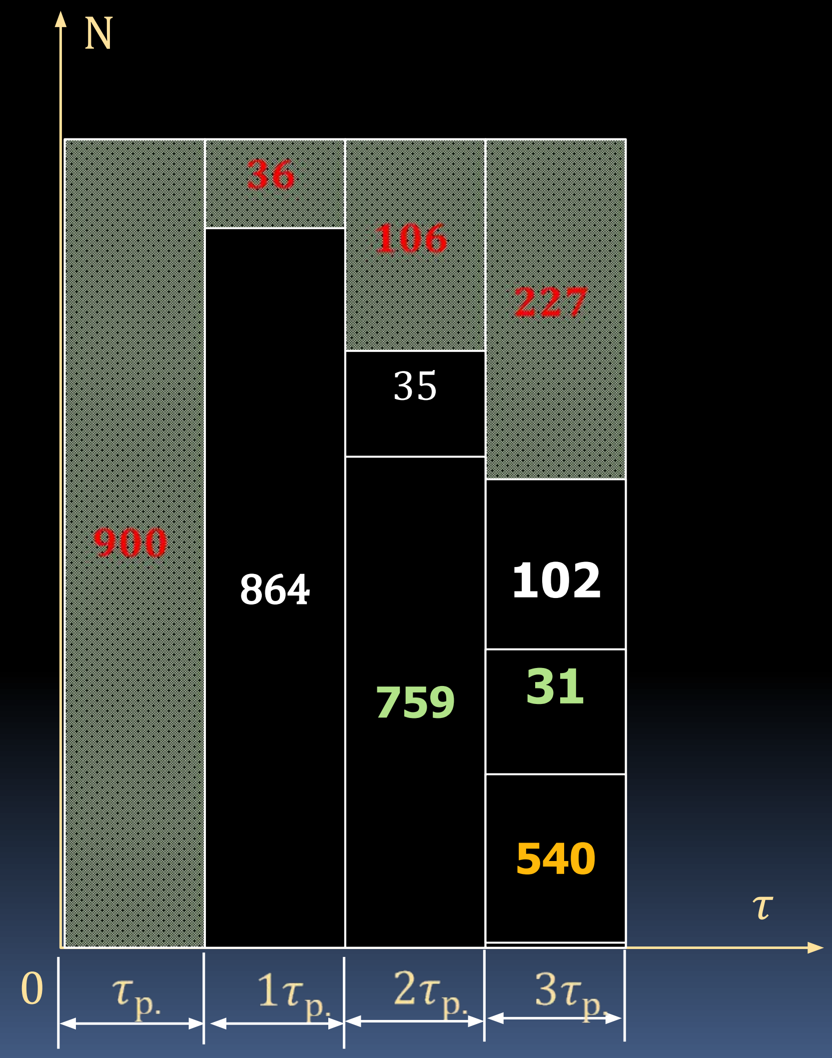
- Значит на 15 таких аппаратов их будет

60x15 = 900.



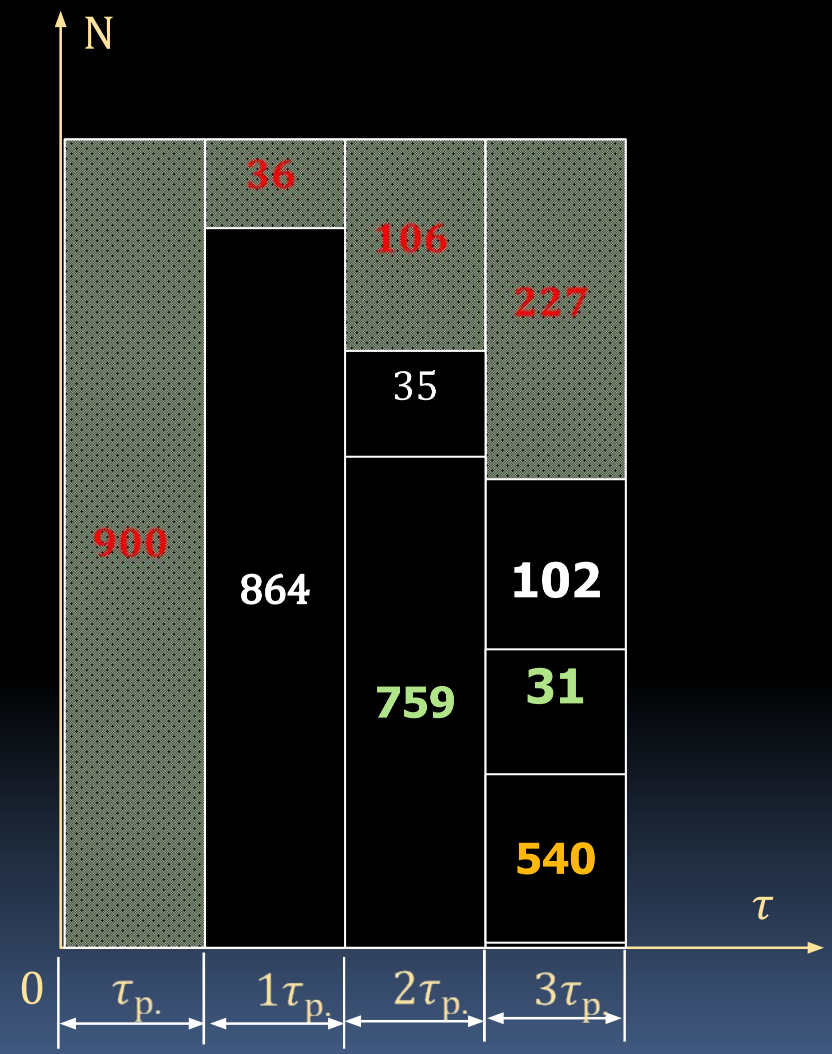
Динамика

изменения состояния этих деталей по наработке показана на ***диаграмме***.



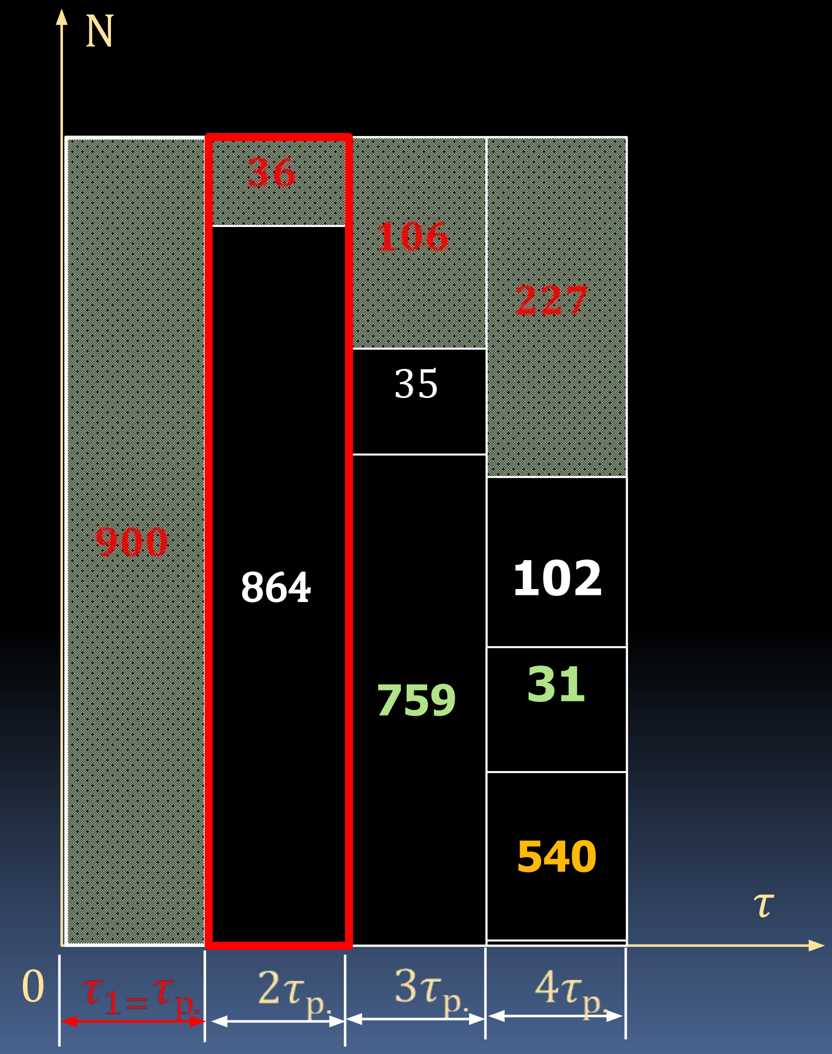
По оси (τ) абсцисс

здесь отложена **наработка** деталей в часах и обозначены три характерных ***момента*** их жизнедеятельности:



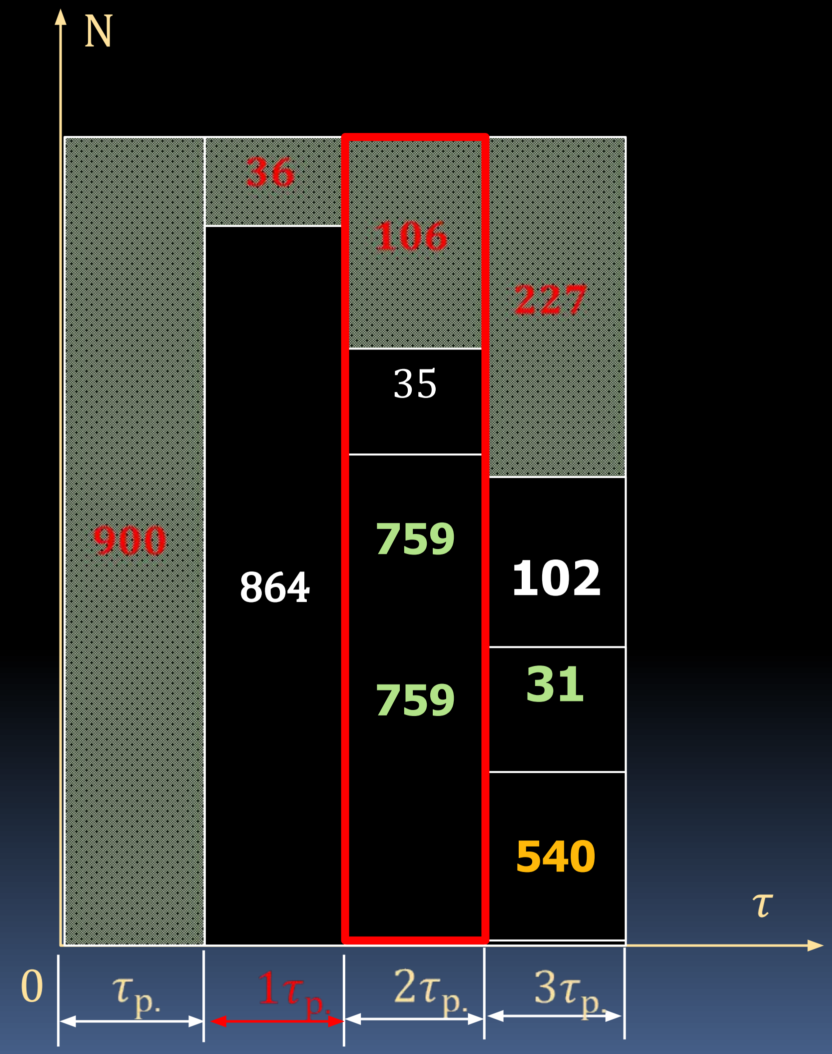
▪ Первый

- ремонт после наработки τ_1, равной $\tau_{р.}$ (межремонтному ресурсу) ,



Второй

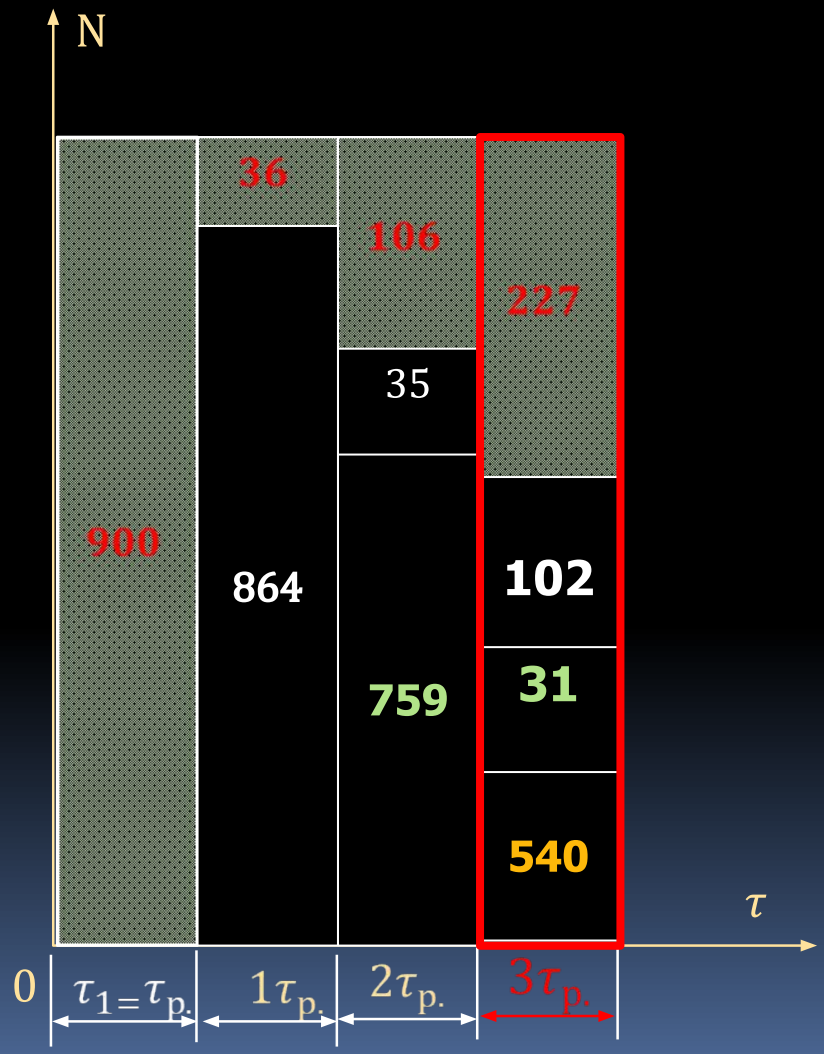
τ_2 - после отработки $2\tau_{р.}$;



▪ Третий τ_3

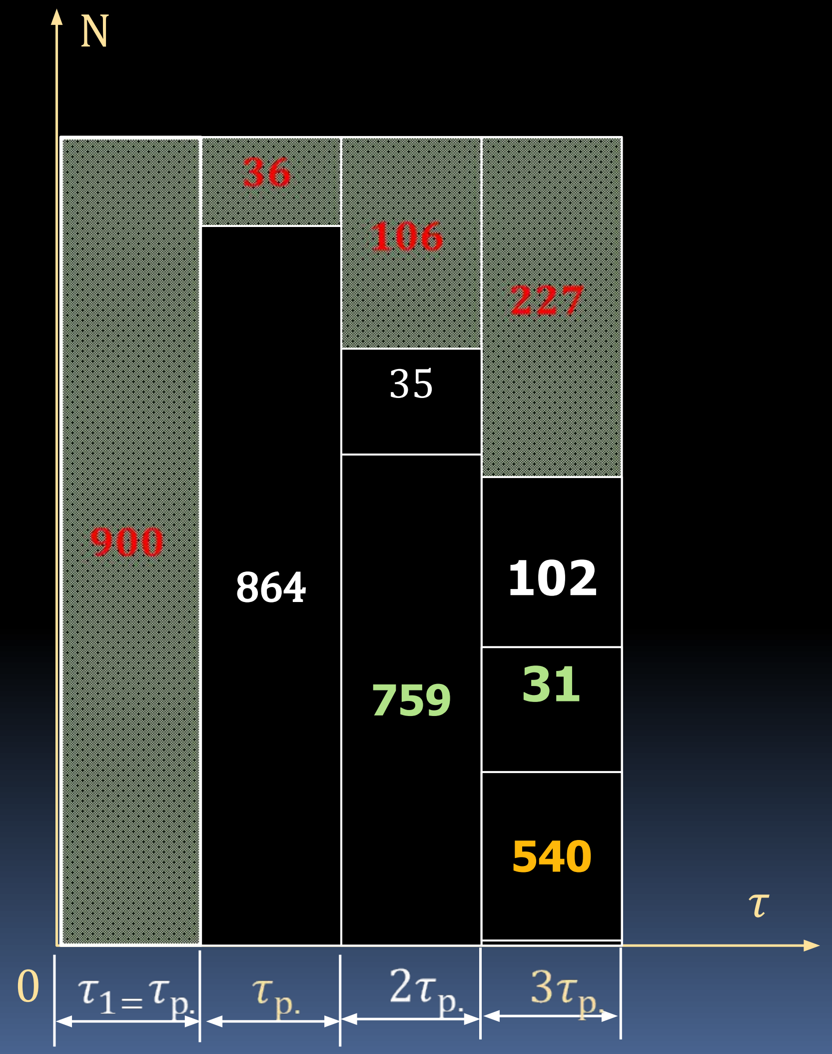
▪

- после $3\tau_{р.}$ ▪



По оси ординат

отложено **количество** деталей с соответствующей ***наработкой***.



При первом

- ремонте из 900 деталей на 15 летательных аппаратах было **забраковано**:

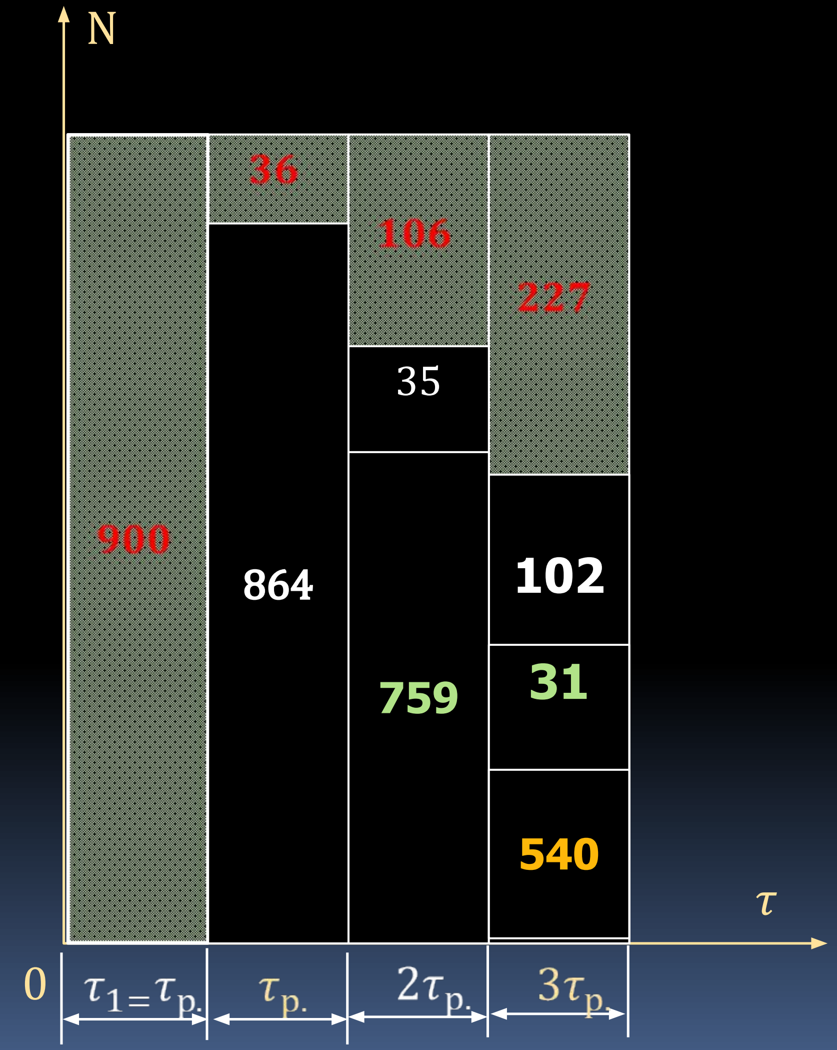
  0,04 х 900 =36;

- при наработке $2\tau_{р.}$:

  0.117 х 900= 105 деталей;

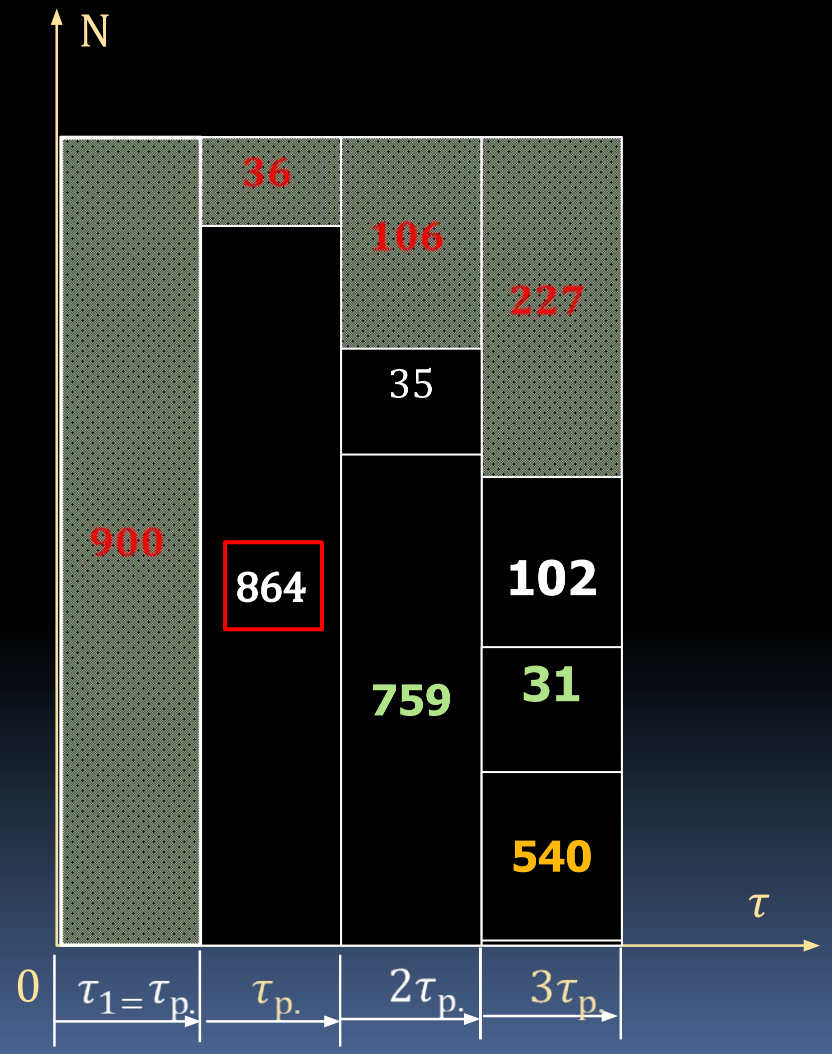
- при $3\tau_{р.}$:

0.242 х 900 = 219 деталей.



Из первоначально

- установленных **900** деталей, после **первого** ремонта были признаны ***пригодными*** к дальнейшей эксплуатации **864** с наработкой $\tau_{р.}$,



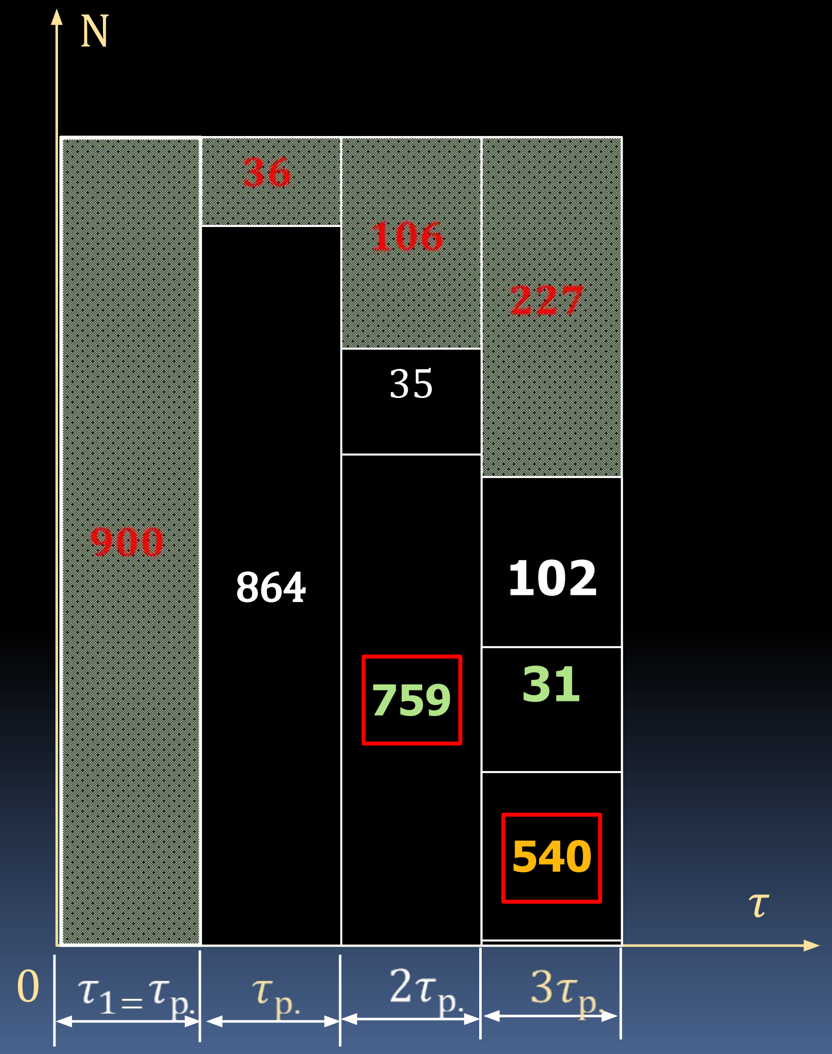
После

- **в т о р о г о** ремонта -

  759 с наработкой $2\tau_{p.}$;

- после **т р е т ь е г о** -

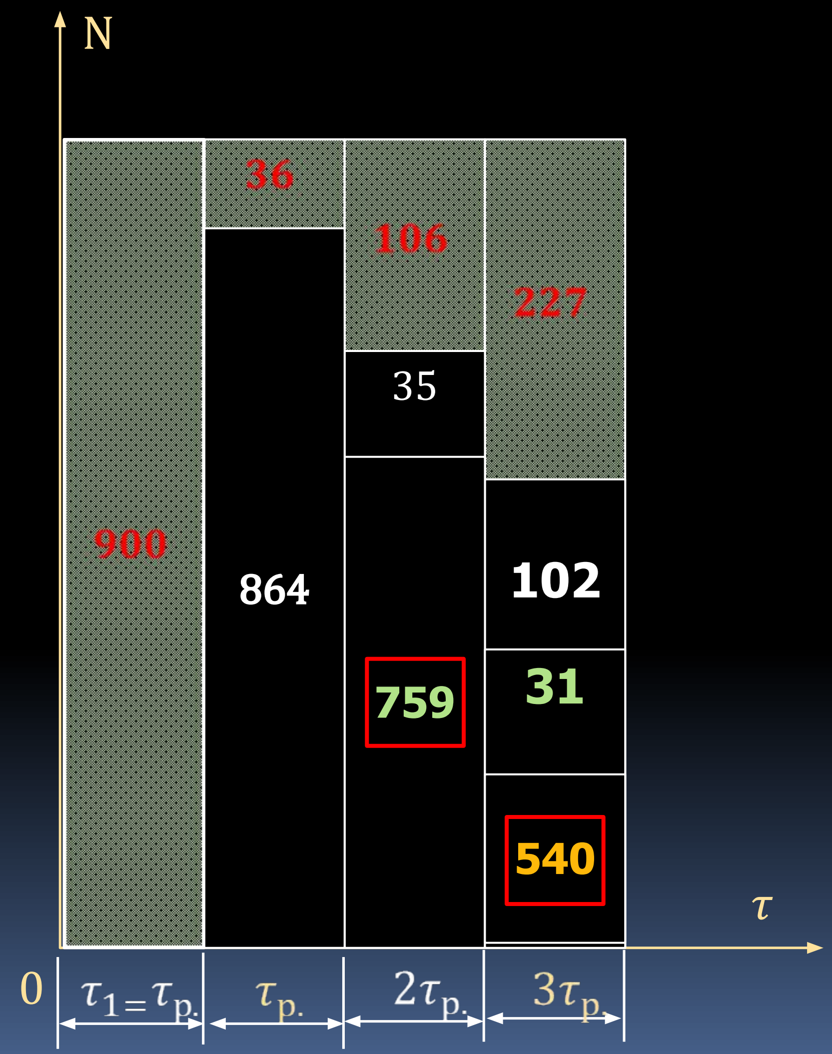
  540 с наработкой $3\tau_{p.}$.



Эти числа

показаны на диаграмме (рис. 3.4.).

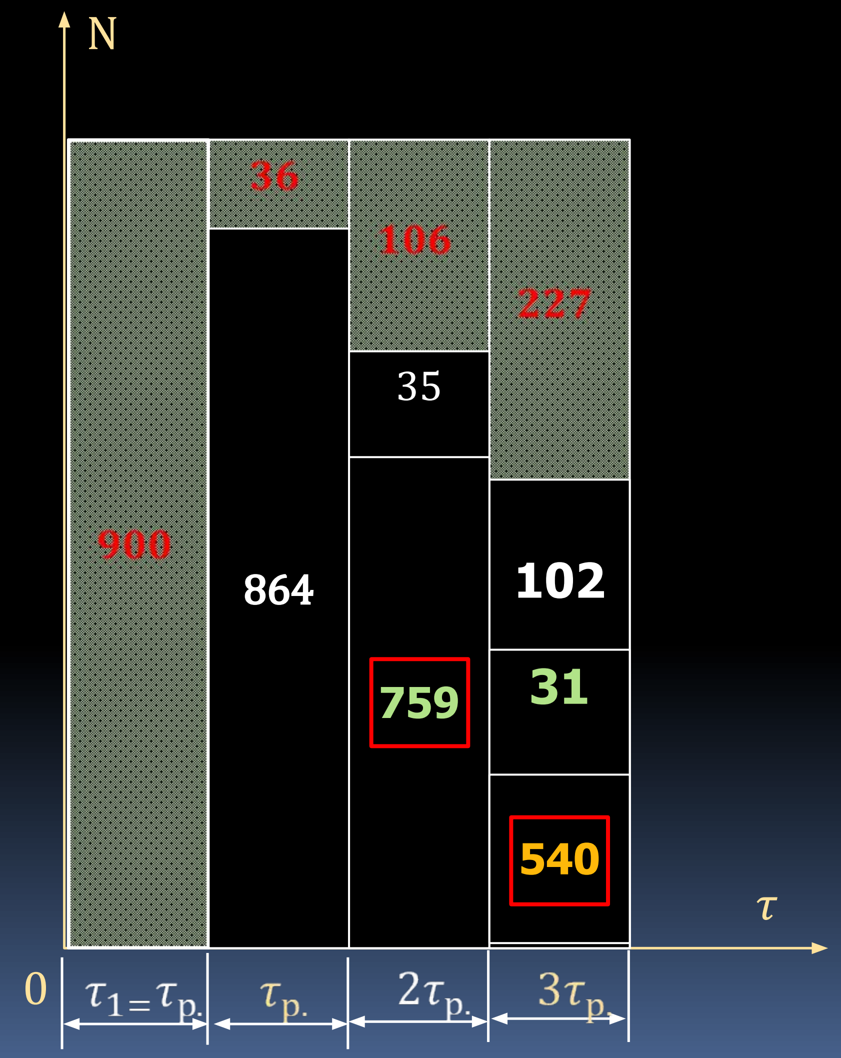
- О **наработке** этих деталей можно судить по ***расцветке***:
- **Светло-серый** цвет означает, что на летательные аппараты установлены ***новые*** детали, отрабатывающие **первый** ресурс.



Тёмный -

отрабатывают ***второй*** ресурс;

- **Зелёный** - ***третий*** и т. д.



Установленные

при **первом** ремонте 36 ***новых*** деталей ко **второму** ремонту отработали ***один*** межремонтный ресурс.

При втором

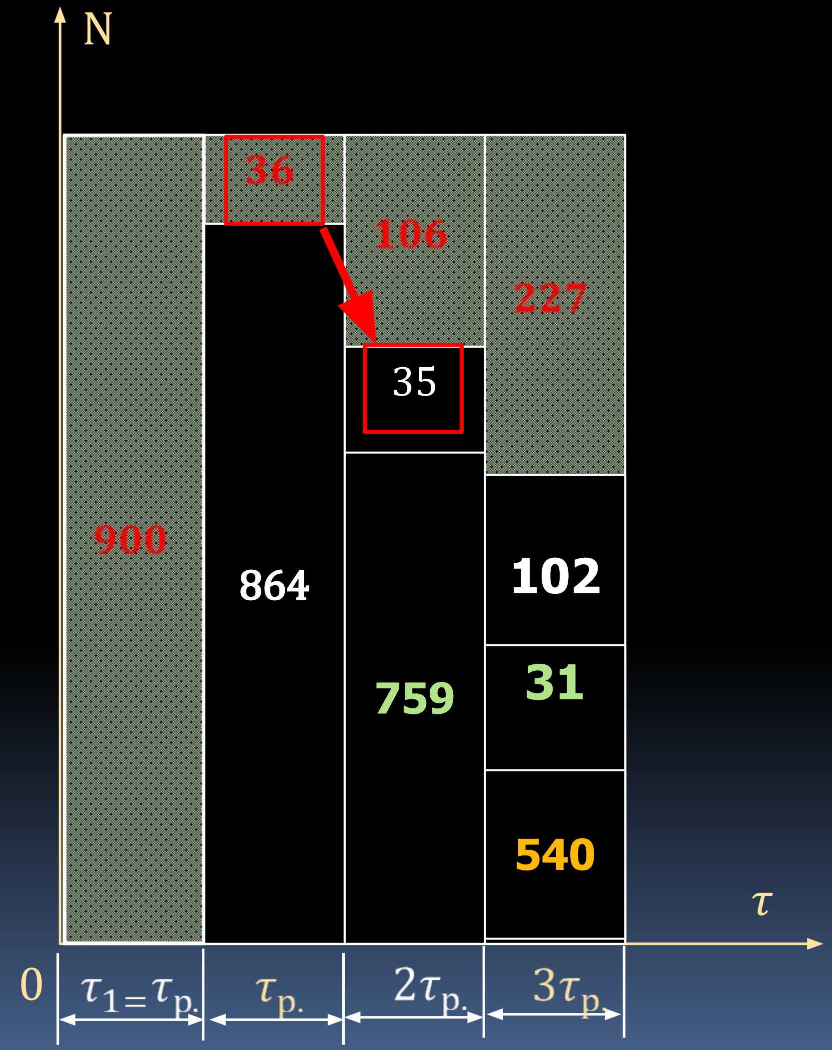
ремонте летательных

аппаратов из этого

количества будет

забракована

0.04 x 36 = **1** деталь.

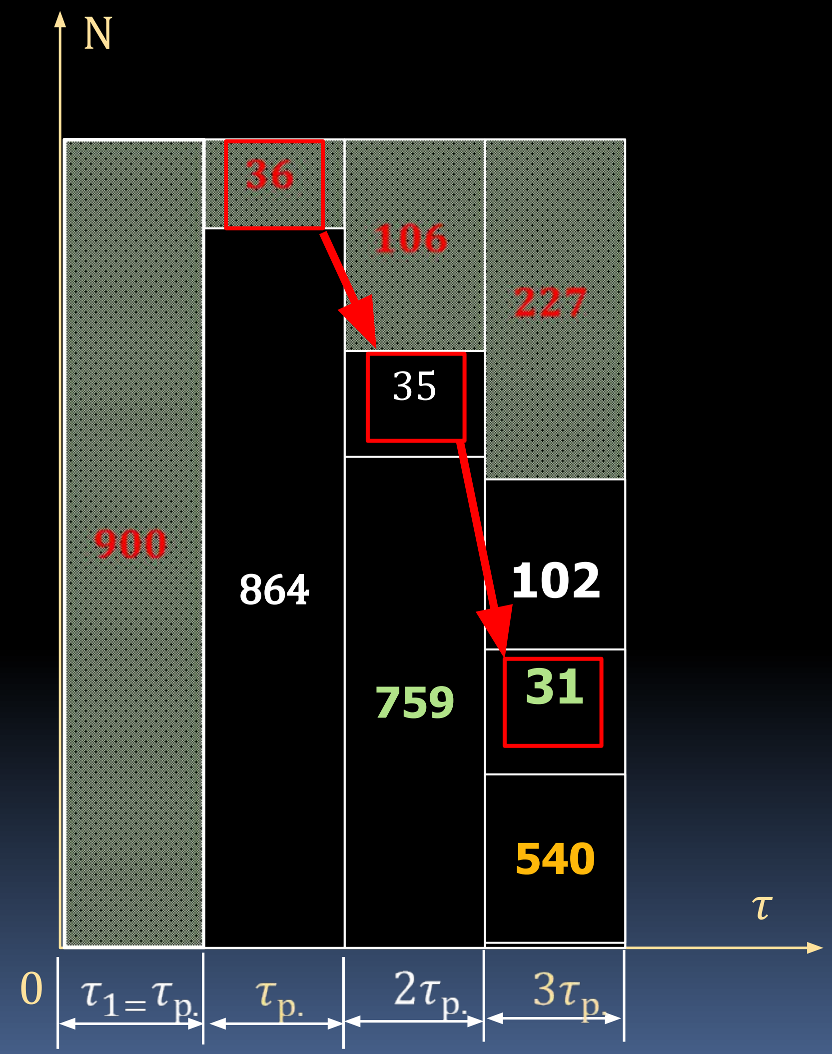


При следующем

(**третьем**) ремонте

из этих 36 деталей будут

забракованы 0,117 · 36 = 4.



Итак,

из 36 **новых** деталей,

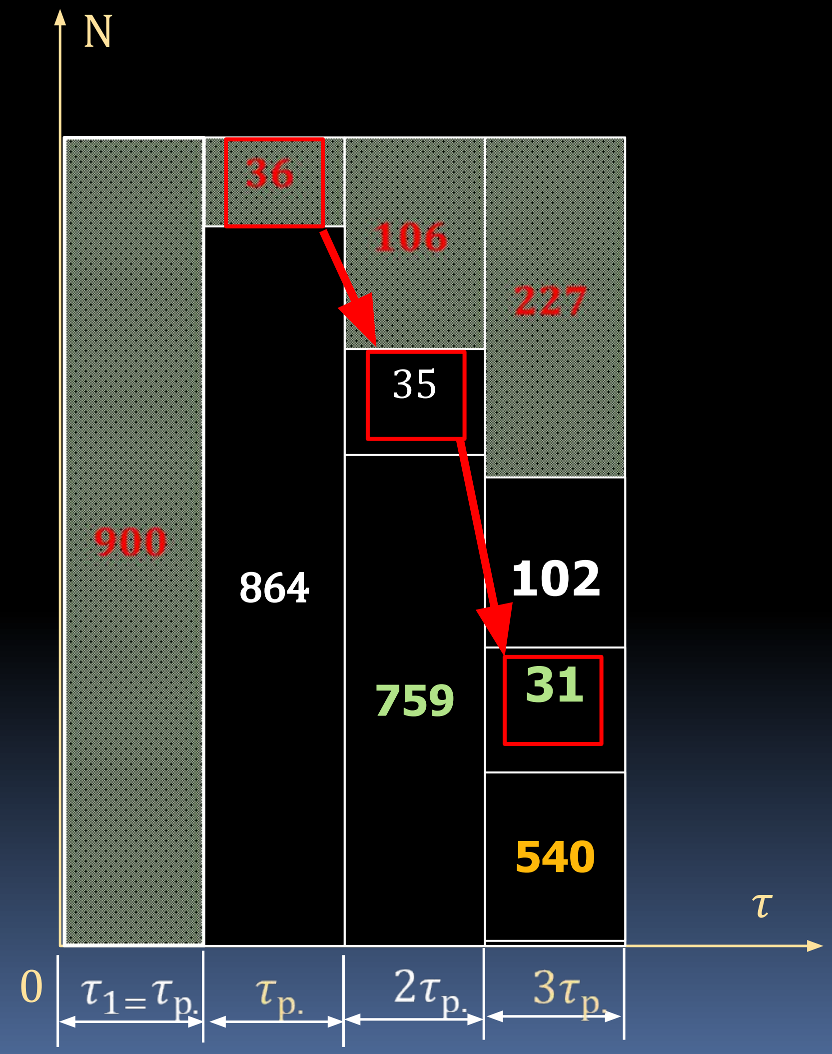
установленных при

первом ремонте, при

втором будут

признаны годными 35 и

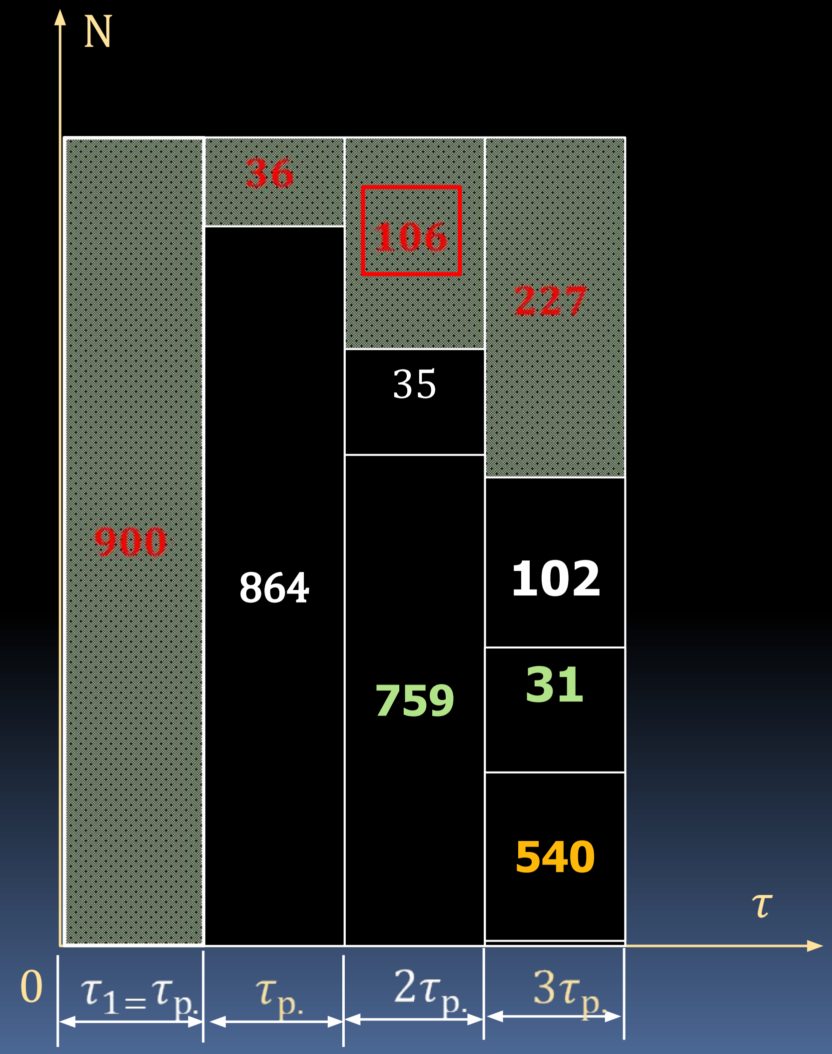
при ***третьем*** - 31.



Во время

второго ремонта на 15 **ЛА** было установлено 106 ***новых*** деталей.

- К **третьему** ремонту каждая из них отработает ***один*** межремонтный ресурс.



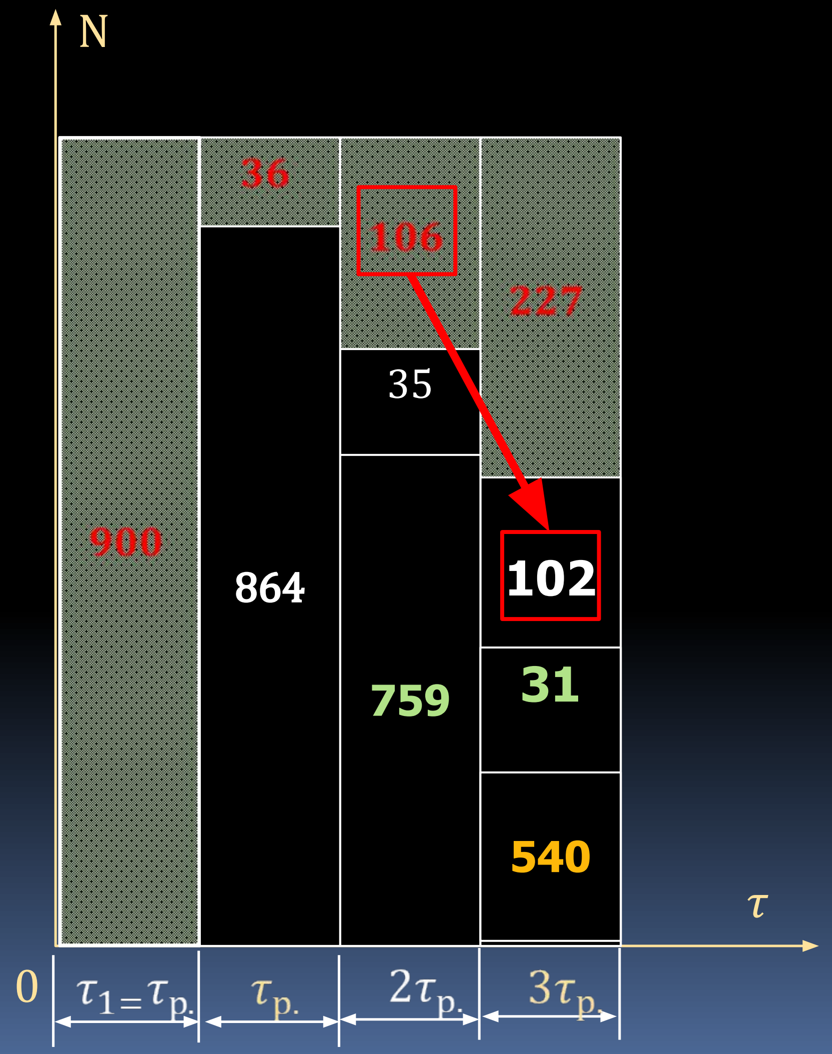
Поэтому

при **третьем** ремонте

из их числа будет

забраковано:

0.04 х 106 = 4 детали.



Итак,

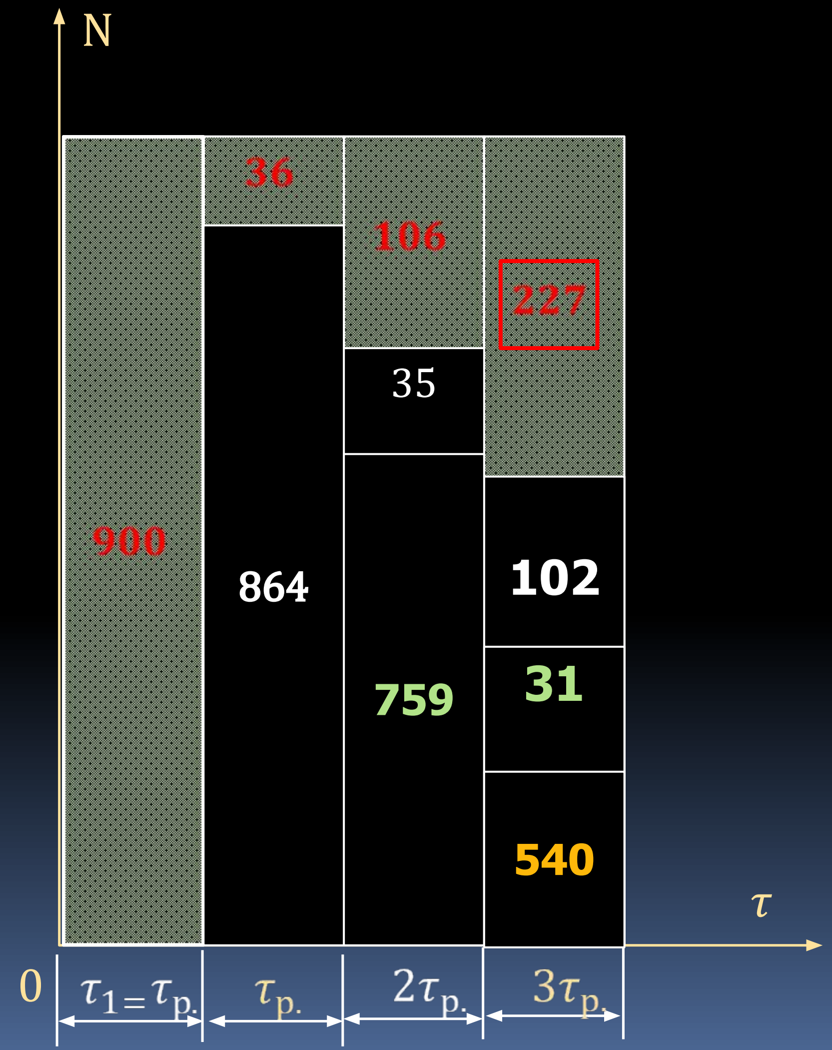
при **третьем** ремонте

на 15 летательных

аппаратах будет

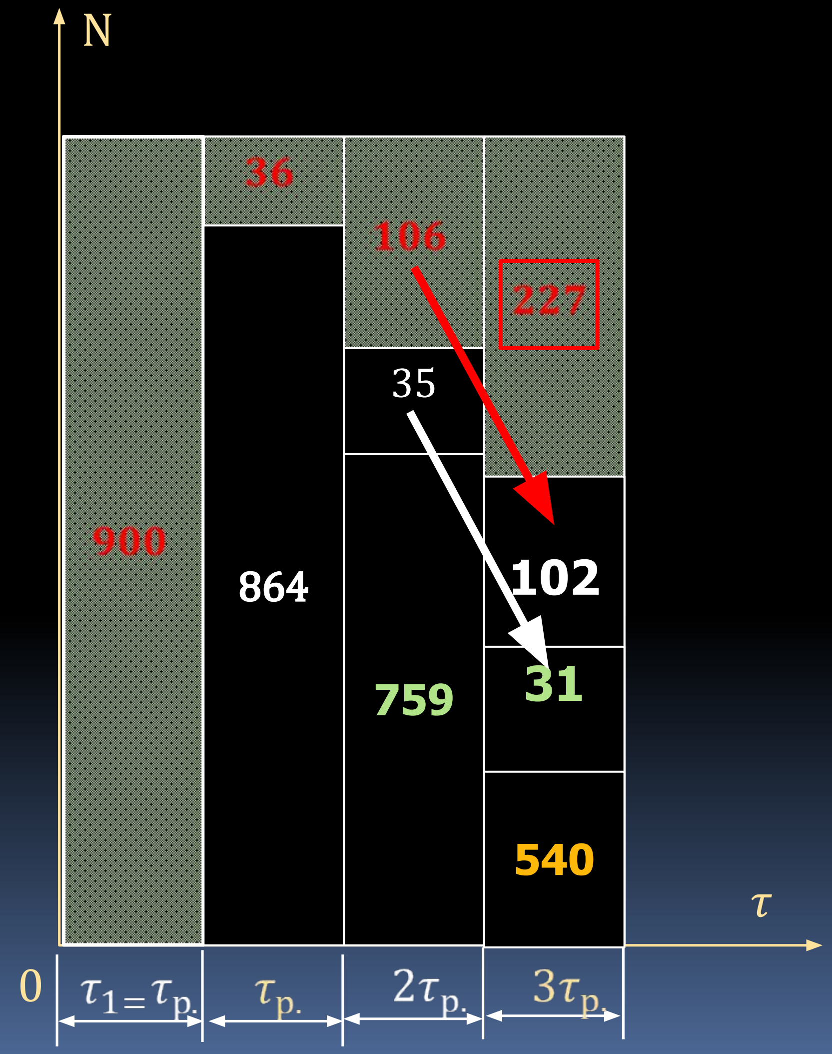
забраковано 227

деталей.



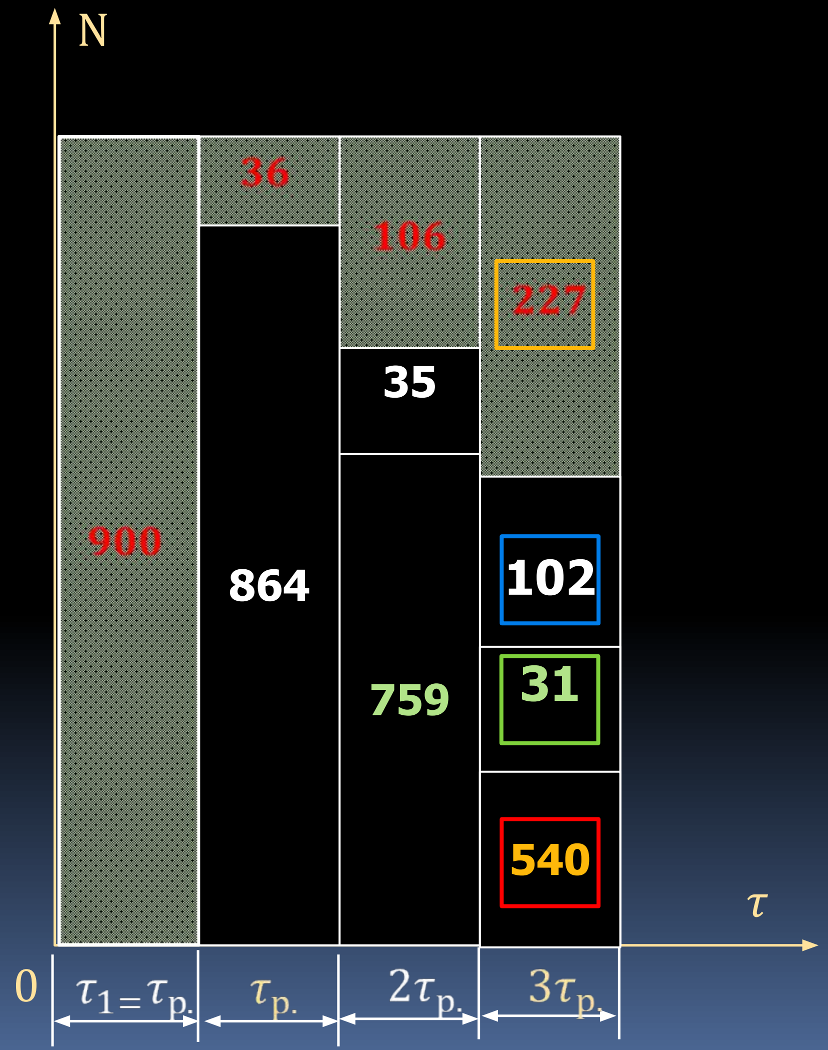
Из которых:

- 219 имели наработку $3\tau_{р.}$;
- 4 - по два межремонтных *ресурса*;
- 4 - по одному.



На летательные

- аппараты будут **установлены:**
- 540 деталей с наработкой $3\tau_{р.}$;
- 31 деталь с наработкой $2\tau_{р.}$;
- 102 детали с наработкой $1\tau_{р.}$;
- 227 деталей *новых* (или *отремонтированных*).



Из диаграммы

видно, что при **первом**

ремонте

на этих **ЛА** было

забраковано

36 деталей, а при **втором**

- 106.