

Expansion Chamber Design

Introduction

This document gives details of how to calculate the dimensions for both double and triple stage diffuser expansion chambers. All the information presented was taken from the books 'The Basic Design of the Two Stroke Engine' and the book 'Design and Simulation of Two Stroke Engines'; both books are written by Professor G.P. Blair of Queens University Belfast, and published by the Society of Automotive Engineers. If you find this document interesting, you are well advised to read at least one of the books mentioned above, since they contain the author's academic lifetime of knowledge on the two-stroke engine.

Common Ground

Since both designs mentioned in this document rely on data obtained from engine parameters, these are discussed first.

Speed of sound in a Gas (Pressure Wave Velocity)

One of the main parameters involved in expansion chamber design is the speed of sound, since this governs the speed of the pressure pulses that we use in the chamber.

$$a_0 = \sqrt{\gamma R T_k}$$

Where:-
 T_k is Exhaust gas temperature in Kelvin
 R is 287 γ is 1.4 a_0 is in m/s

Engine State of Tune (Brake Mean Effective Pressure)

Of concern now is the determination of the exhaust gas temperature in Kelvin. This is usually a function of the engine's state of tune or BMEP. This value BMEP for an engine is used in several of the expansion chamber design parameters, and is calculated as shown.

$$BMEP = \frac{600000 kW}{SVCC rpm}$$

Where:-
 kW is engine power, kW (1bhp=746W)
 $SVCC$ is swept volume, cc
 Rpm is engine speed, rpm
 $BMEP$ is in Bar

Average Exhaust Temperature

Once the engine BMEP is determined, the exhaust average temperature can be calculated from the formula shown. This is an empirical measure based on readings taken during dyno run tests.

$$T_k = 534.67 e^{0.0485 BMEP}$$

Where:-
 T_k is Exhaust gas temperature in K
 $BMEP$ is in Bar

This formula has been calculated from the following table.

Bike	BMEP, Bar	Av. Exhaust Temp, °C
Grand Prix Racer	11+	650
Enduro	8	500
Roadster	5	350

Tuned Length of Exhaust

Blair's formulae assume that the tuned length of the exhaust is to a point on the plugging cone, and is given by the formula below.

$$L_t = \frac{1000a_0 \Theta_{ep}}{12rpm}$$

Where:-

L_t is tuned length, mm

A_0 is in m/s

Θ_{ep} is exhaust duration, degrees

Effective Exhaust Diameter (EXD)

This is the diameter of a pipe whose area matches that of the exhaust port.

$$EXD = \sqrt{\frac{4 \cdot \text{width} \cdot \text{height}}{\pi}}$$

Where:-

EXD is effective diameter, mm

Width is port width, mm

Height is port height, mm

Exhaust Coefficients

There are several coefficients used in the design of the expansion chamber – these are a function of the engine's state of tune.

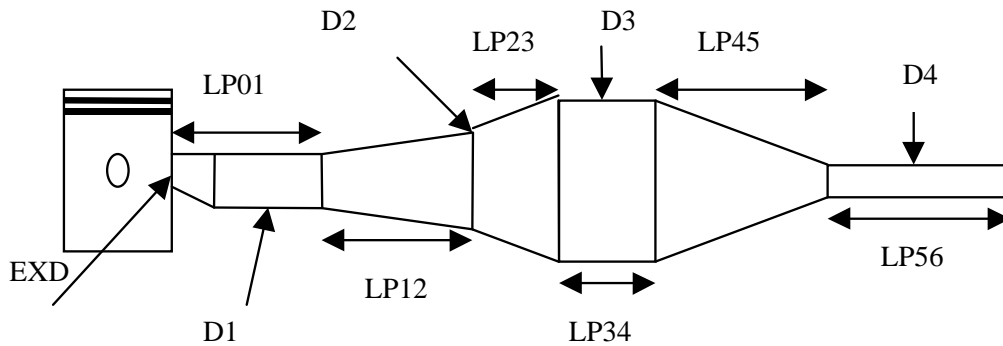
$$K_0 = 1.0322 e^{-0.0498 \text{ BMEP}} \quad K_1 = 1.9899 e^{-0.0581 \text{ BMEP}}$$

$$K_2 = 0.08439 e^{0.1226 \text{ BMEP}}$$

These formulae have been interpolated from the following table.

Bike Style	BMEP, Bar	K_0	K_1	K_2
Enduro	8	0.7	1.125	2.25
Motocross	9-10	0.65		
GP Racer	11+	0.6	1.05	3.25

Two Stage Diffuser Expansion Chamber Dimension Calculation



A

diagram of a typical two-stage diffuser expansion chamber is shown above. Note that the length of the plain pipe section LP01 includes the length of the exhaust port, i.e. LP01 is measured from the piston face.

Dimension Calculation – Two Stage Diffuser

The following table gives the dimension for the two-stage diffuser expansion chamber section diameters.

$$D_1 = K_1 \cdot \text{EXD}$$

$$D_3 = K_2 \cdot \text{EXD}$$

$$D_4 = K_0 \cdot \text{EXD}$$

$$D_2 = D_3 \left(\frac{LP12}{LP12 + LP23} \right)^{1.33}$$

The next table gives the dimensions for the two-stage diffuser expansion chamber section lengths.

$$LP01 = 0.10L_T$$

$$LP12 = 0.41L_T$$

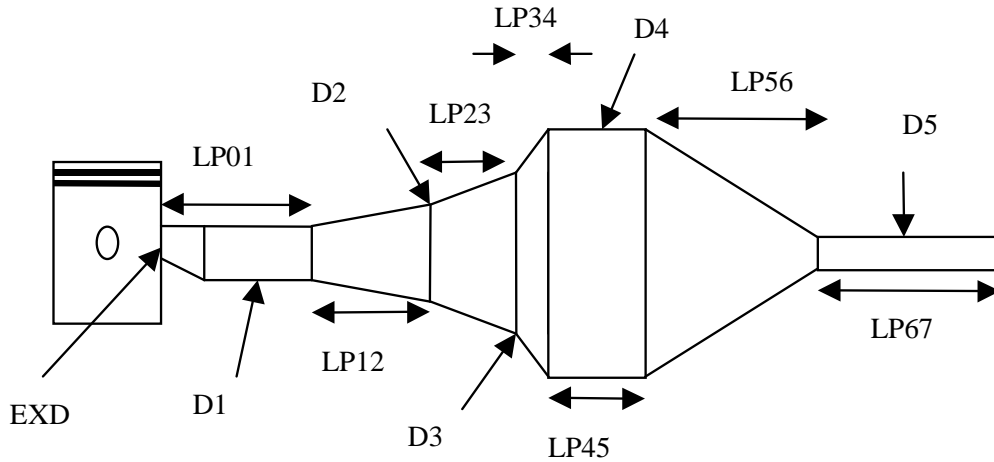
$$LP23 = 0.14L_T$$

$$LP34 = 0.11L_T$$

$$LP45 = 0.24L_T$$

$$LP56 = LP45$$

Three Stage Diffuser Expansion Chamber Dimension Calculation



A

poorly drawn diagram of a typical three-stage diffuser expansion chamber is shown above. Note that the length of the plain pipe section LP01 includes the length of the exhaust port, i.e. LP01 is measured from the piston face.

Dimension Calculation – Three Stage Diffuser

The following table gives the dimension for the two-stage diffuser expansion chamber section diameters.

$$D_1 = K_1 \cdot \text{EXD} \qquad D_4 = K_2 \cdot \text{EXD} \qquad D_5 = K_0 \cdot \text{EXD}$$

$$D_2 = D_1 e^{X_{12}} \qquad D_3 = D_1 e^{X_{13}}$$

Notice that two extra parameters are required for diameter calculation. These are given next.

$$X_{12} = \left(\frac{L_{12}}{L_{12} + L_{23} + L_{34}} \right)^{K_h} \text{Log}_e \left(\frac{D_4}{D_1} \right)$$

$$X_{13} = \left(\frac{L_{12} + L_{23}}{L_{12} + L_{23} + L_{34}} \right)^{K_h} \text{Log}_e \left(\frac{D_4}{D_1} \right)$$

Notice also that an extra Coefficient has been introduced. This Coefficient K_h is called the horn coefficient, with typical values between one and two. Small values of K_h are best suited to GP engines with narrow power bands, larger values are for wider more flexible engines. The next table gives the dimensions for the two-stage diffuser expansion chamber section lengths.

$$\begin{array}{lll} \text{LP01} = 0.10L_T & \text{LP12} = 0.275L_T & \text{LP23} = 0.183L_T \\ \text{LP34} = 0.092L_T & \text{LP45} = 0.11L_T & \text{LP56} = 0.24L_T \\ \text{LP67} = \text{LP56} & & \end{array}$$

End Note

This document has provided formulae from the books mentioned in the introduction. The author cannot express how useful these books are for two-stroke design. All formulae are presented 'as is' with no warranty of suitability or correctness.

The author would be interested in hearing from any builder who uses the data presented here for construction of their own expansion chamber.

The author would also like to hear of other formulae currently in use for expansion chamber design.

The author would also like to receive constructive criticism and pointers for errors in the text of the document.

Konstrukce výfuku

Úvod

Tento dokument podává detaily o tom, jak vypočítat rozměr pro dvou a třístupňové výfukové tlumiče. Všechny informace v tomto dokumentu jsou čerpány z knihy „Základní design dvoutaktních motorů“ a z knihy „Výroba a úpravy dvoutaktních motorů“ napsané prof. G.P. Blairem z Královské university v Belfastu (když tak si ji sežeň) a v publikacích Věda automobilního inženýrství???. Pokud najdete tento dokument zajímavým, radíme Vám, abyste si přečetl alespoň jednu z těchto výše zmíněných knih.

Běžný základ

Před tvorbou výfuku, zmíněného v tomto dokumentu, který je odkázán na parametry motoru, jsou zde první informace.

Rychlost zvuku v plynném prostředí (Rychlost tlakové vlny)

Jedním z hlavních parametrů, zahrnutých ve výrobě výfukového tlumiče, je rychlost zvuku, protože určuje rychlost tlakových impulsů, které jsou využívány ve výfuku.

$$a_0 = \sqrt{\gamma R T_k}$$

Když: -

T_k je teplota výfukových plynů v Kelvinech
 R je 287 γ je 1.4 a_0 je v m/s

Seřízení motoru (Zpětný Význam Účinného Tlaku) ???

Teď se budeme zabývat účinkem teploty výfukových plynů v Kelvinech. To je většinou v závislosti na seřízení motoru nebo na ZVÚT. Tato hodnota ZVÚT pro motory je použita v různých parametrech výfukových tlumičů a jsou počítány následovně :

$$BMEP = \frac{600000kW}{SVCCrpm}$$

Když: -

kW je výkon motoru, kW
(1bhp=746W)
SVCC je plynulost výfuk. plynů, cc
Rpm je rychlost motoru, rpm
BMEP je v Barech

Průměrná teplota výfukových plynů

Pokud je stanovena VPÚT motoru, průměrná teplota výfukových plynů může být počítána za pomoci následující vzorec:

$$T_k = 534.67 e^{0.0485 \text{ BMEP}}$$

Když: -
 T_k je teplota výf. plynů v K
BMEP je v Barch

Tento vzorec může být počítán z následující tabulky.

Motorka	BMEP, Bary	Prům. tepl. výfuk. plynů, °C
Grand Prix Racer	11+	650
Enduro	8	500
Roadster	5	350

Výpočet správné délky výfuku

Blairův vzorec počítá s tím, že správná délka výfuku je včetně tlumiče a je dána následujícím vzorcem:

$$L_t = \frac{1000 a_0 \Theta_{ep}}{12 \text{ rpm}}$$

Když: -
 L_t je správná délka, mm
 A_0 je v m/s
 Θ_{ep} je trvání výfuku ???, stupně

Efektivní Průměr Výfuku (EPV)

$$EXD = \sqrt{\frac{4 \cdot \text{width} \cdot \text{height}}{\Pi}}$$

Když: -
EPV je efektivní průměr, mm
Šířka je šířka koncovky, mm
Váha je váha koncovky, mm

Výfukový koeficienty

Zde jsou rozdílné koeficienty užívané při tvorbě výfukového tlumiče

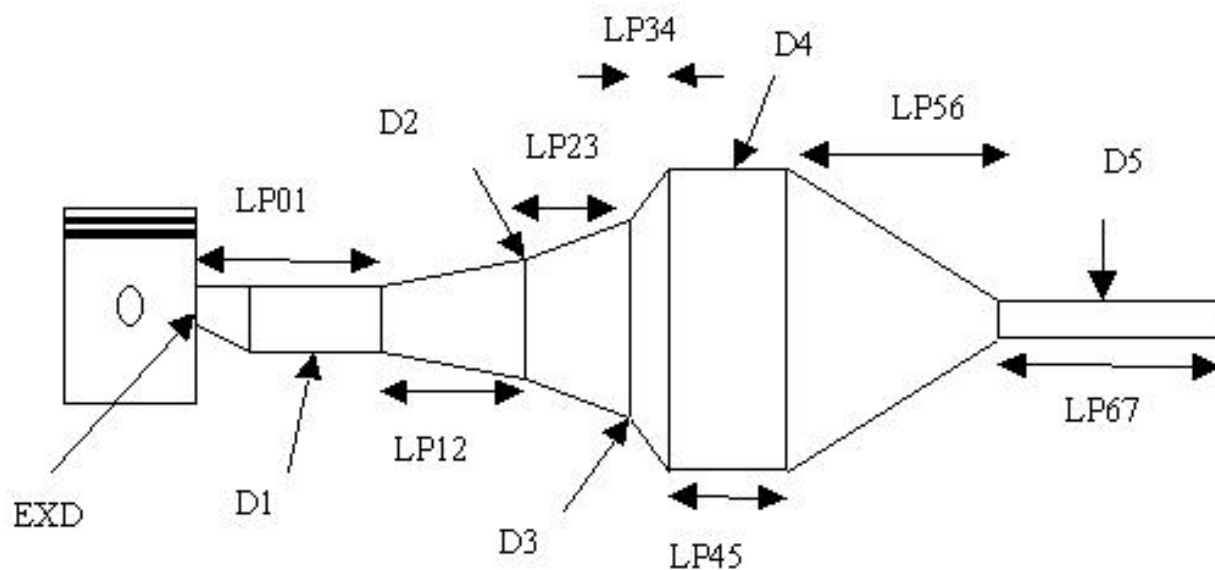
$$K_0 = 1.0322 e^{-0.0498 \text{ BMEP}} \quad K_1 = 1.9899 e^{-0.0581 \text{ BMEP}}$$

$$K_2 = 0.08439 e^{0.1226 \text{ BMEP}}$$

Tento vzorec je odvozen z následující tabulky :

Druh motorky	BMEP, Bary	K_0	K_1	K_2
Enduro	8	0.7	1.125	2.25
Motocross	9-10	0.65		
GP Racer	11+	0.6	1.05	3.25

Výpočet pro výpustný otvor výfukových plynů trojstupňového tlumiče



jednoduchý diagram pro typický trojstupňový výpustný otvor výfuku. Podotýkám, že délka plánovaného výfuku sekce LP01 zahrnuje délku výfukového otvoru.

Výpočet rozměrů - Trojstupňový výpustný otvor

Následující tabulka dává rozměr průměru pro trojstupňový výpustný otvor výfuku.

$$D_1 = K_1 \cdot \text{EXD} \quad D_4 = K_2 \cdot \text{EXD} \quad D_5 = K_0 \cdot \text{EXD}$$

$$D_2 = D_1 e^{X_{12}} \quad D_3 = D_1 e^{X_{13}}$$

Upozorňujeme, že pro výpočet průměru jsou třeba dva extra parametry. Zde jsou dány další:

$$X_{12} = \left(\frac{L_{12}}{L_{12} + L_{23} + L_{34}} \right)^{K_h} \text{Log}_e \left(\frac{D_4}{D_1} \right)$$

$$X_{13} = \left(\frac{L_{12} + L_{23}}{L_{12} + L_{23} + L_{34}} \right)^{K_h} \text{Log}_e \left(\frac{D_4}{D_1} \right)$$

Upozorňujeme také, že extra koeficient byl už zveřejněn. Tento koeficient K_h je nazýván rohový koeficient s typickou hodnotou mezi jedna a dva. Malá hodnoty K_h jsou nejvhodnější pro GP motory s úzkými hnacími řemeny ???, větší hodnoty jsou pro silnější flexibilnější motory.

Následující tabulka dává rozměry pro délku dvojstupňového výpustního otvoru výfuku.

$$\begin{array}{lll} LP01 = 0.10L_T & LP12 = 0.275L_T & LP23 = 0.183L_T \\ LP34 = 0.092L_T & LP45 = 0.11L_T & LP56 = 0.24L_T \\ LP67 = LP56 & & \end{array}$$