Lời Nói Đầu

Trong sự phát triển nhanh chóng của khoa học kỹ thuật, loài người đã nghiên cứu và chế tạo từ đó áp dụng vào đời sống, chinh phục tự nhiên và tiến tới một nền văn minh mới. Thế kỷ 21, chứng kiến những thành tựu vĩ đại của con người trong việc chinh phục không gian và trong khoa học kỹ thuật quân sự. Bất kỳ một quốc gia nào không thúc đẩy nghiên cứu, chế tạo… sẽ lập tức bị tụt hậu với thế giới. Sẽ không đủ khả năng bảo vệ thành quả cách mạng và bảo vệ nhân dân, bảo vệ tổ quốc.

Động cơ tên lửa là thiết bị có vai trò quyết định trong ngành kỹ thuật hàng không , vú trụ… nhằm thực hiện đưa con người trinh phục không gian cũng như trong lĩnh vực quân sự nhằm thiết kế chế tạo tên lửa bảo vệ vững chắc tổ quốc. từ đó đặt ra yêu cầu cấp thiết chế tạo động cơ tên lửa.

Việc thiết kế động cơ tên lửa đòi hỏi nhiều chỉ tiêu, trong đó việc xác định sự biến đổi của áp suất theo thời gian có vai trò tiên quyết từ đó xác định lực đẩy và tính toán thành vỏ động cơ.

Qua quá trình học và được sự hướng dẫn của thầy Phạm Thế Phiệt (giáo viên giảng môn Động Cơ Tên lửa) e thực hiện viết chương trình tính toán áp suất trong buồng đốt theo thời gian của động cơ Tên Lủa nhiên liệu rắn. kính mong được sự góp ý của thầy và bạn đọc để chương trình có thể áp dụng tốt vào thực tế học tập.

PHẦN NỘI DUNG

I CƠ SỞ LÝ THUYẾT

**I.1. C¸c thêi kú lµm viÖc ®Æc tr­ng cña §TR**

Theo quan ®iÓm vÒ n¨ng l­îng, §TR lµ lo¹i m¸y nhiÖt kiÓu ph¶n lùc mµ kÕt qu¶ cña c¸c qu¸ tr×nh biÕn ®æi n¨ng l­îng trong ®ã t¹o ra lùc ®Çy cho tªn løa. Nhiªn liÖu ë thÓ r¾n, ®­îc gäi lµ thuèc phãng lµ nguån n¨ng l­îng vµ m«i chÊt lµm viÖc cña §TR. N¨ng l­îng chøa trong thuèc phãng lµ n¨ng l­îng hãa häc.

Trong buång ®èt, thuèc phãng ch¸y trªn c¸c bÒ mÆt. KÕt qu¶ cña qu¸ tr×nh ch¸y lµm cho thuèc phãng biÕn ®æi tõ tr¹ng th¸i r¾n thµnh s¶n phÈm ch¸y cã nhiÖt ®é vµ ¸p suÊt cao, s¶n phÈm ch¸y nµy chÝnh lµ m«i chÊt cña qu¸ tr×nh biÕn ®æi n¨ng l­îng. S¶n phÈm ch¸y lµ hçn hîp cña c¸c lo¹i khÝ, thµnh phÇn hãa häc vµ nhiÖt ®é cña nã quyÕt ®Þnh c¸c tÝnh chÊt nhiÖt ®éng vµ phô thuéc vµo b¶n chÊt cña thuèc phãng. Sè ®o n¨ng l­îng cña s¶n phÈm ch¸y lµ entalpi, mét c¸ch gÇn ®óng b»ng víi entalpi cña thuèc phãng.

L­u ý tíi ®Æc tÝnh bÒ mÆt trong qu¸ tr×nh ch¸y, l­îng khÝ t¹o ra t¨ng ®Çn cïng víi sù dÞch chuyÓn cña ngän löa vµo s©u theo h­íng vu«ng gãc víi bÒ mÆt ch¸y. Khi ®ã, khèi l­îng khÝ ®­îc t¹o ra b»ng khèi l­îng phÇn thuèc phãng ®· ch¸y. Do sù gi¶m dÇn cña khèi l­îng thuèc phãng ch­a ch¸y mµ thÓ tÝch tù do cña buång ®èt t¨ng lªn. M«i chÊt lµm viÖc cã nhiÖt ®é cao ®iÒn ®Êy thÓ tÝch tù do cña buång ®èt lµm cho ¸p suÊt cña nã t¨ng lªn. §ång thêi do sù chªnh lÖch cña ¸p suÊt trong buång ®èt vµ m«i tr­êng xung quanh, khÝ chuyÓn ®éng tõ buång ®èt qua loa phôt ra ngoµi. V× thÕ, ¸p suÊt cña s¶n phÈm ch¸y chØ t¨ng lªn tíi gi¸ trÞ x¸c ®Þnh vµ gi÷ ë møc c©n b»ng.

Do sù phôt khÝ qua loa phôt mµ ¸p suÊt, mËt ®é vµ nhiÖt ®é cña nã gi¶m dÇn däc theo chiªu dµi cña loa phôt, cßn tèc ®é chuyÓn ®éng cña khÝ t¨ng lªn tíi gi¸ tri b»ng tèc ®é ©m thanh t¹i tiÕt diÖn tíi h¹n vµ v­ît ©m trong phÇn v­ît ©m cña loa phôt. Trong loa phôt x¶y ra qu¸ tr×nh nhiÖt ®éng biÕn nhiÖt n¨ng (entalpi) cña sµn phÈm ch¸y thµnh ®éng n¨ng cña nã. KÕt qu¶ cña qu¸ tr×nh phôt khÝ qua loa phôt t¹o thµnh lùc ®Èy cña ®éng c¬.

C¸c ®Æc tr­ng c¬ b¶n cña qu¸ tr×nh lµm viÖc cña §TR bao gåm: lùc ®Èy, thêi gian lµm viÖc vµ xung l­îng riªng cña lùc ®Èy. Nh÷ng th«ng sè nµy lµ c¬ së ®¸nh gi¸ chÊt l­îng cña ®éng c¬, ®ång thêi còng lµ c¬ së ®Ó lùa chän kÕt cÊu ®éng c¬, h×nh d¹ng liÒu thuèc phãng v.v. trong tÝnh to¸n thiÕt kÕ.

Do s¶n phÈm ch¸y trong buång ®èt cã nhiÖt ®é cao, chuyÓn ®éng qua loa phôt víi tèc ®é lín nªn l­îng nhiÖt trao ®æi gi÷a s¶n phÈm ch¸y víi thµnh ®éng c¬ cã gi¸ trÞ ®¸ng kÓ, ®iÒu nµy h¹n chÕ thêi gian lµm viÖc cña ®éng c¬.

Tõ nh÷ng ph©n tÝch trªn nhËn thÊy r»ng: qu¸ tr×nh khÝ ®éng trong §TR cã nh÷ng ®Æc tÝnh sau (h×nh 2.17):

- Trong thêi gian lµm viÖc, dßng khÝ lu«n ®­îc bæ sung khèi l­îng tõ bÒ mÆt ch¸y cña nhiªn liÖu;

- Cã sù biÕn dßng côc bé ë t¹i cöa vµo cña loa phôt;

- Trong phÇn v­ît ©m cña loa phôt, tèc ®é chuyÓn ®éng cña dßng khÝ lín h¬n tèc ®é ©m thanh;

- Khi loa phôt lµm viÖc ë chÕ ®é kh«ng tÝnh to¸n sÏ cã hiÖn t­îng ®øt dßng tõ thµnh cña ta phôt;

- Trong thêi kú khëi ®éng ®éng c¬ vµ ng¾t ®éng c¬, chuyÓn ®éng cña dßng khÝ lµ kh«ng dõng.

*p*

*T*

*w*

*L*

*0*

*p*

*T*

*w*

*Ta*

*wa*

*pa*

H×nh 2.17. *§Æc tÝnh thay ®æi c¸c th«ng sè cña dßng khÝ trong §TR*

Dùa vµo ®Æc tÝnh c¸c qu¸ tr×nh x¶y ra trong buång ®èt vµ quy luËt thay ®æi cña ¸p suÊt khÝ thuèc trong buång ®èt theo thêi gian  (h×nh 2.18), cã thÓ chia qu¸ tr×nh lµm viÖc cña §TR ra lµm bèn thêi kú nh­ sau:

- Thêi kú måi ch¸y: thêi kú nµy b¾t ®Çu tõ khi thiÕt bi måi lµm viÖc cho tíi khi thuèc phßng ®­îc måi ch¸y. C¸c ®Æc tr­ng cña thêi kú nµy lµ ¸p suÊt  vµ thêi gian måi ch¸y thuèc phãng .

§Ó ®¶m b¶o måi ch¸y thuèc phãng tin cËy, ¸p suÊt måi th­êng cã gi¸ trÞ  (- ¸p suÊt cña khÝ thuèc trong buång ®èt).

Khèi l­îng thuèc måi () ®­îc x¸c ®Þnh theo biÓu thøc gÇn ®óng sau:

,

trong ®ã: khèi l­îng thuèc måi tÝnh theo kg;

- thÓ tÝch tù do cña buång ®èt ().

- Thêi kú khëi ®éng ®éng c¬: Thêi kú nµy ®­îc bÊt ®Çu tõ khi thuèc phãng ®­îc måi ch¸y cho tíi khi ¸p suÊt cña khÝ thuèc trong buång ®èt ®¹t ®­îc gi¸ trÞ ¸p suÊt lµm viÖc ®Æc tr­ng ®èi víi tõng ®éng c¬ cô thÓ. Trong thêi kú khëi ®éng ®éng c¬ ¸p suÈt t¨ng nhanh tõ gi¸ tri . KÕt thóc thêi kú nµy lµ më ®Çu thêi kú lµm viÖc cña ®éng c¬

- Thêi kú lµm viÖc cña ®éng c¬: thêi kú nµy ®­îc b¾t ®Çu tõ khi ¸p suÊt khÝ thuèc trong buång ®èt ®¹t gi¸ trÞ ¸p suÊt lµm viÖc cho ®Õn khi thuèc phãng ch¸y hÕt. §©y lµ thêi kú c¬ b¶n vµ cã thêi gian dµi nhÊt. C¸c ®Æc tr­ng lµm viÖc cña thêi kú nµy nh­ ¸p suÊt  vµ lùc ®Êy  nãi chung thay ®æi kh«ng ®¸ng kÓ. Gi¸ trÞ cña ¸p suÊt lµm viÖc trong buång ®èt kho¶ng vµi MPa. Do phÇn lín thuèc phãng ®­îc ch¸y trong thêi kú nµy nªn ®©y lµ thêi kú quyÕt ®Þnh c¸c c¸c ®Æc tr­ng c¬ b¶n cña ®éng c¬, nhÊt lµ xung l­îng toµn phÇn cña lùc ®Èy.

*p*

*t*

*pmax*

*pmoi*

*tk*

*t1*

*p*

*t*

*pmoi*

*tk*

*t1*

a

b

H×nh 2.18. *Sù phô thuéc cña ¸p suÊt khÝ thuèc vµo*

*thêi gian lµm viÖc cña ®éng c¬*

*a. LiÒu phãng ch¸y tõ c¸c bÒ mÆt bªn (lç); b. LiÒu phãng ch¸y tõ bÒ mÆt ®Çu*

- Thêi kú phôt khÝ tù do: §©y 1µ thêi kú cuèi cïng cña qu¸ tr×nh lµm viÖc. Thêi kú nµy ®­îc bÊt ®Çu tõ khi thuèc phãng ch¸y hÕt cho ®Õn khi ¸p suÊt cña khÝ thuèc trong buång ®èt c©n b»ng víi ¸p suÊt khÝ quyÓn. Do thuèc phãng ®· ch¸y hÕt nªn hiÖn t­îng phôt khÝ t­ ftrong buång ®èt ra ngoµi qua loa phôt lµm cho ¸p suÊt trong buång ®èt gi¶m dÇn.

So s¸nh c¸c thêi kú ®Æc tr­ng trong qu¸ tr×nh lµm viÖc cña §CTL nhËn thÊy r»ng: ®Æc tÝnh ®éng lùc häc cña nh÷ng qu¸ tr×nh biÕn ®æi x¶y ra trong c¸c qu¸ tr×nh, ®Æc biÖt lµ sù thay ®æi cña ¸p suÊt trong buång ®èt vµ lùc ®Èy lµ kh¸c nhau. Nh÷ng thay ®æi xuÊt hiÖn trong thêi kú lµm viÖc cña ®éng c¬ (thêi kú c¬ b¶n) x¶y ra mét c¸ch ®iÒu hoµ h¬n, v× thÕ trong thêi kú nµy, c¸c qu¸ tr×nh ®­îc xem nh­ lµ qu¸ tr×nh dõng hoÆc gÇn dõng. §iÒu nµy cã ý nghÜa quan trong trong tÝnh to¸n còng nh­ trong viÖc ph©n tÝch ®Æc tÝnh qu¸ tr×nh lµm viÖc cña c¸c §CTL.

**I.2. HÖ ph­¬ng tr×nh gi¶i bµi to¸n c¬ b¶n tbuËt phãng trong cña §TR**

X¸c ®Þnh vÒ mÆt ®Þnh tÝnh quy luËt thay ®æi cña ¸p suÊt theo thêi gian () tõ  ®Õn khi kÕt thóc qu¸ tr×nh lµm viÖc cña ®éng c¬ lµ vÊn ®Ò cã ý nghÜa quan träng trong khai th¸c sö dông còng nh­ trong tÝnh to¸n, thiÕt kÕ vµ ®­îc gäi lµ bµi to¸n c¬ b¶n thuËt phãng trong cña §TR (bµi to¸n thuËn). C¸c kÕt qu¶ cña lêi gi¶i bµi to¸n c¬ b¶n ë d¹ng ®å thÞ ¸p suÊt  lµ c¬ së ®Ó tÝnh to¸n kÕt cÊu cña ®éng c¬, lùc ®Èy, xung l­îng cña lùc ®Èy vµ c¸c ®Æc tr­ng kh¸c cña ®éng c¬, th«ng qua ®ã sÏ x¸c ®Þnh ®­îc gia tèc chuyÓn ®éng vµ quü ®¹o bay cña tªn löa.

Bµi to¸n c¬ b¶n thuËt phãng trong cña §TR cã thÓ ®­îc gi¶ b»ng ph­¬ng ph¸p thùc nghiÖm hay lý thuyÕt. Lêi gi¶i thùc nghiÖm dùa trªn c¬ së x¸c ®Þnh  b»ng c¸ch ®o ¸p suÊt trong buång ®èt cña ®éng c¬ trong qu¸ tr×nh lµm viÖc. ViÖc ®o ¸p suÊt ®­îc thùc hiÖn trong phßng thÝ nghiÖm. ­u ®iÓm cña ph­¬ng ph¸p thùc nghiÖm lµ: c¸c kÕt qu¶ nhËn ®­îc ®· kÓ ®Õn nh÷ng ®iÒu kiÖn lµm viÖc thùc tÕ cña ®éng c¬, cßn ®é chÝnh x¸c cña c¸c kÕt qu¶ phô thuéc vµo ph­¬ng ph¸p ®o ¸p suÊt vµ dông cô ®o. C¸c kÕt qu¶ nµy cã thÓ ®­îc ®¸nh gi¸ mét c¸ch phï hîp vÒ ®é chÝnh x¸c cña chóng.

Nh­îc ®iÓm cña ph­¬ng ph¸p gi¶i bµi to¸n c¬ b¶n thuËt phãng trong cña §TR b»ng thùc nghiÖm lµ ph¶ci cã s½n ®éng c¬ vµ phßng thÝ nghiÖm thÝch hîp. Ngoµi ra, nh÷ng nghiªn cøu b»ng thùc nghiÖm rÊt tèn kÐm vµ mÊt nhiÒu thêi gian, c¸c kÕt qu¶ thùc nghiÖm kh«ng cã ®Æc tÝnh tæng qu¸t v× chóng chØ liªn quan ®Õn kÕt cÊu cô thÓ. Bëi vËy, bµi to¸n c¬ b¶n thuËt phãng trong cña §TR ®­îc gi¶i b»ng ph­¬ng ph¸p thùc nghiÖm chØ ®­îc thùc hiÖn ë giai ®o¹n cuèi cña qu¸ tr×nh thiÕt kÕ c¸c ®éng c¬ míi ®Ó kiÓm tra nh÷ng gi¶ thiÕt vµ nh÷ng tÝnh to¸n vÒ mÆt kÕt cÊu, hoÆc trong qu¸ tr×nh khai th¸c c¸c lo¹i ®éng c¬ ®Ó kiÓm tra sù ho¹t ®éng còng nh­ c¸c tÝnh n¨ng thuËt phãng cña chóng, vÝ dô: sau thêi gian b¶o qu¶n l©u dµi v.v.

Ph­¬ng ph¸p gi¶i bµi to¸n c¬ b¶n thuËt phãng trong cña §TR b»ng lý thuyÕt lµ ph­¬ng ph¸p tæng hîp, thuËn tiÖn vµ rÎ tiÒn nhÊt. Tuy vËy nã cã nh­îc ®iÓm lµ ®é chÝnh x¸c thÊp h¬n so víi ph­¬ng ph¸p thùc nghiÖm.

HÖ ph­¬ng tr×nh gi¶i bµi to¸n c¬ b¶n thuËt phãng trong ®­îc thiÕt lËp trªn c¬ së c¸c mèi quan hÖ vÒ nhiÖt ®éng vµ khÝ ®éng m« t¶ tr¹ng th¸i cña m«i chÊt trong buång ®èt vµ loa phôt cña ®éng c¬, cã kÓ tíi ®Æc tÝnh qu¸ tr×nh ch¸y vµ t¹o khÝ cña liÒu phãng. C¸c sè liÖu ban ®Çu lµ c¸c ®Æc tr­ng kÝch th­íc bªn trong cña buång ®èt, loa phôt; c¸c ®Æc tr­ng kÝch th­íc, h×nh d¹ng cña liÒu phãng; c¸c tÝnh chÊt cña nhiªn liÖu vµ cña s¶n phÈm ch¸y.

a***. Ph­¬ng ph¸p nhiÖt ®é kh«ng ®æi***

Khi gi¶i bµi to¸n c¬ b¶n thuËt phong trong cña §TR b»ng ph­¬ng ph¸p nhiÖt ®é kh«ng, ng­êi ta ®­a ra nh÷ng gi¶ thiÕt sau:

- Thuèc måi ch¸y tøc thêi, ¸p suÊt khÝ thuèc trong buång ®èt t¹i thêi ®iÓm , b»ng gi¸ trÞ cña ¸p suÊt måi;

- Thuèc phãng ch¸y theo qui luËt ch¸y h×nh häc;

- ¸p suÊt tÜnh *p* kh«ng thay ®æi däc theo chiÒu dµi cña buång ®èt vµ b»ng ¸p suÊt h·m t¹i cöa vµo cña loa phôt;

- NhiÖt ®é cña khÝ thuèc  trong buång ®èt kh«ng thay ®æi vµ cã gi¸ trÞ b»ng ;

- C¸c tæn thÊt nhiÖt trong buång ®èt ®­îc kÓ ®Õn bëi hÖ sè  phô thuéc vµo l­îng thuèc phãng ch¸y t­¬ng ®èi :

;

- Bá qua thÓ tÝch cña c¸c ph©n tö khÝ.

Qui luËt thay ®æi cña ¸p suÊt  ®­îc x¸c ®Þnh tõ ph­¬ng tr×nh c©n b»ng khèi l­îng khÝ t¹i mçi thêi ®iÓm: l­îng khÝ sinh ra b»ng tæng l­îng phôt khÝ qua loa phôt ra ngoµi vµ l­îng khÝ l­u l¹i trong buång ®èt sau thêi gian :

, (2.1)

trong ®ã: , , - t­¬ng øng lµ l­îng khÝ sinh ra, l­îng khÝ phôt qua loa phôt ra ngoµi sau thêi gian  vµ l­îng khÝ l­u l¹i trong buång ®èt t¹i thêi ®iÓm .

Khi ®ã nhËn ®­îc:

, (2.2)

trong ®ã:

, - t­¬ng øng lµ l­u l­îng sinh khÝ do qu¸ tr×nh ch¸y vµ l­u l­îng phôt khÝ;

- biÕn thiªn l­îng khÝ l­u l¹i trong buång ®èt t¹i mçi thêi ®iÓm ();

L­u l­îng sinh khÝ: . (2.3)

L­u l­îng phôt khÝ:

. (2.4)

BiÕn thiªn l­u l­îng khÝ l­u l¹i trong buång ®èt t¹i måi thêi ®iÓm ®­îc x¸c ®Þnh tõ ph­¬ng tr¹ng th¸i:

,

trong ®ã: - thÓ tÝch chiÕm chç cña khÝ trong buång ®èt t¹i thêi ®iÓm kh¶o s¸t ;

- khèi l­îng khÝ trong buång ®èt.

Khi ®ã, biÓu thøc x¸c ®Þnh  cã d¹ng:



, (2.5)

trong ®ã: . (2.6)

Thay c¸c biÓu thøc (2.3), (2.4), (2.5), (2.6) vµo (2.2), qua mét sè biÕn ®æi, cuèi cïng nhËn ®­îc quy luËt thay ®æi cña ¸p suÊt theo thêi gian  d­íi d¹ng:

, (2.7)

trong ®ã: - lùc thuèc phãng ®¼ng ¸p;

; (2.8)

; (2.9)

- thÓ tÝch cña buång ®èt;

- khèi l­îng cña thuèc phãng (®«i khi cßn dïng ký hiÖu ).

Quy luËt thay ®æi cña tæn thÊt nhiÖt trong buång ®èt cã thÓ ®­îc viÕt d­íi d¹ng:

. (2.10)

Quy luËt thay ®æi cña l­îng thuèc phãng ch¸y t­¬ng ®èi  cã d¹ng:

, (2.11)

- ®­îc gäi lµ tèc ®é sinh khÝ.

Tõ c¸c ph­¬ng tr×nh (4.81), (4.82), (4.83), (4.84), (4.85), hÖ ph­¬ng tr×nh vi ph©n x¸c ®inh c¸c quy luËt thay ®æi theo thêi gian cña ¸p suÊt (), l­îng thuèc phãng ch¸y t­¬ng ®èi , tæn thÊt nhiÖt trong buång ®èt  tõ khi ®éng c¬ b¾t ®Çu lµm viÖc () cho ®Õn thêi ®iÓm thuèc phãng ch¸y hÕt () ®­îc m« t¶ d­íi d¹ng:

;

;

;

,

(2.12)

trong ®ã: ; ; .

C¸c ®iÒu kiÖn ban ®Çu:

; ; ; .

HÖ ph­¬ng tr×nh (2.12) th­êng ®­îc gi¶i b»ng ph­¬ng ph¸p sè trªn m¸y tÝnh ®iÖn tö.

Sau khi gi¶i ph­¬ng tr×nh (2.12), nhËn ®­îc quy luËt thay ®æi cña ¸p suÊt theo thêi gian  tõ khi thuèc phãng b¾t ®Çu ch¸y cho tíi khi ch¸y hÕt. §Ó hoµn chØnh quy luËt nµy cho tíi khi ¸p suÊt trong buång ®èt c©n b»ng víi ¸p suÊt khÝ quyÓn, cÇn ph¶i nghiªn cøu quy luËt phôt khÝ tõ buång ®èt ra ngoµi khÝ quyÓn qua loa phôt sau khi thuèc phãng ch¸y hÕt.

Gi¶ sö t¹i thêi ®iÓm thuèc phãng ch¸y hÕt , ¸p suÊt cña khÝ trong buång ®èt cã gi¸ trÞ , khèi l­îng khÝ  trong buång ®èt ®­îc x¸c ®Þnh trùc tiÕp tõ ph­¬ng tr×nh tr¹ng th¸i:

. (2.13)

C¸c gi¸ tri ,  vµ  lµ nh÷ng ®iÒu kiÖn ban ®Çu cña thêi kú phôt khÝ tù do (thêi kú ng¾t ®éng c¬).

ThÓ tÝch riªng cña khÝ trong buång ®èt t¹i thêi ®iÓm  () ®­îc x¸c ®Þnh

tõ biÓu thøc:

. (2.15)

Trong kho¶ng thêi gian , khÝ phôt tõ trong buång ®èt ra m«i tr­êng xung quanh do sù chªnh lÖch ¸p suÊt trong buång ®èt víi ¸p suÊt m«i tr­êng bªn ngoµi ().

C¸c th«ng sè cña khÝ trong buång ®èt ë thêi ®iÓm bÊt kú  trong thêi kú phôt khÝ tù do cã thÓ ®­îc x¸c ®Þnh trªn c¬ së gi¶ thiÕt: qu¸ tr×nh phôt khÝ lµ gÇn dõng vµ ®o¹n nhiÖt.

Tõ gi¶ thiÕt dßng lµ ®o¹n nhiÖt, ¸p suÊt vµ thÓ tÝch riªng (*v*) cña khÝ tháa m·n ph­¬ng tr×nh:

. (2.16)

Tû sè c¸c thÓ tÝch riªng () cã d¹ng:

, (2.17)

trong ®ã:

- khèi l­îng khÝ ®· phôt ra ngoµi trong kho¶ng thêi gian tõ  ®Õn ;

- khèi l­îng khÝ trong buång ®èt t¹i thêi ®iÓm t.

Thay (2.17) vµo ph­¬ng tr×nh ®o¹n nhiÖt (2.16) nhËn ®­îc:

. (2.18)

§¹o hµm hai vÕ cña ph­¬ng tr×nh (2.18) theo thêi gian:

,

tõ ®ã nhËn ®­îc:

, (2.19)

trong ®ã:

- l­u l­îng tho¸t khÝ qua loa phôt vµ ®­îc x¸c ®Þnh b»ng biÓu thøc:

, (2.20)

trong ®ã:

- hÖ sè tæn thÊt l­u l­îng (<1); - hµm cña chØ sè mò ®o¹n nhiÖt;

*P*, *T*, *R* - ¸p suÊt, nhiÖt ®é cña khÝ trong buång ®èt vµ h»ng sè khÝ.

Tõ ph­¬ng tr×nh tr¹ng th¸i khÝ trong buång ®èt:

,

nhËn ®­îc:

. (2.21)

L­u ý tíi ph­¬ng tr×nh ®o¹n nhiÖt (2.16), (2.21) ®­îc viÕt d­íi d¹ng:

. (2.22)

Thay (2.22) vµo (2.20), nhËn ®­îc:

. (2.23)

Thay (2.23) vµo (2.19), nhËn ®­îc ph­¬ng tr×nh vi ph©n sau:

. (2.24)

Ký hiÖu:

, (2.25)

ph­¬ng tr×nh (2.24) ®­îc viÕt d­íi d¹ng:

. (2.26)

Chän gèc thêi gian t¹i thêi ®iÓm thuèc phãng ch¸y hÕt, nghÜa lµ: t¹i , tÝch ph©n hai vÕ cña (2.26):

,

nhËn ®­îc:

, hay: , (2.27)

vµ , (2.28)

trong ®ã:

. (2.29)

Tõ ph­¬ng tr×nh (2.28), ph­¬ng tr×nh ®o¹n nhiÖt (2.16) vµ ph­¬ng tr×nh tr¹ng th¸i, cã thÓ x¸c ®Þnh ®­îc nhiÖt ®é , thÓ tÝch riªng , mËt ®é  cña khÝ trong buång ®èt t¹i mçi thêi ®iÓm trong thêi kú phôt khÝ tù do:

; ;

; ,

trong ®ã: , , , - c¸c tham sè tr¹ng th¸i cña khÝ trong buång ®èt t¹i thêi ®iÓm ban ®Çu cña thêi kú phôt khÝ tù do (thêi ®iÓm kÕt thóc qu¸ tr×nh ch¸y cña thuèc phãng trong buång ®èt). C¸c quy luËt nµy ®­îc biÓu diÔn trªn h×nh 2.19.













H×nh 2.19. *§Æc tr­ng cña c¸c hµm ,  vµ  trong thêi kú phôt khÝ tù*

I.3 XÁC ĐỊNH LỰC ĐẨY CỦA ĐỘNG CƠ

Ta chỉ xét động cơ trong chế độ tính toán (pa=pmt)

khi ®ã biÓu thøc x¸c ®Þnh lùc ®Èy cã d¹ng:

. (1.10)

L­u l­îng phôt khÝ vµ tèc ®é chuyÓn ®éng cña dßng khÝ t¹i cöa ra cña loa phôt ®­îc x¸c ®Þnh theo c¸c biÓu thøc sau:

;

,

trong ®ã:

- tæn thÊt l­u l­îng cña dßng khÝ chuyÓn ®éng trong loa phôt, nã kÓ ®Õn c¸c tæn thÊt g©y ra do ma s¸t gi÷a dßng khÝ víi thµnh loa phôt, hiÖn t­îng ®øt dßng, dßng quÈn v.v. ();

- tæn thÊt tèc ®é chuyÓn ®éng cña dßng g©y ra bëi néi, ngo¹i ma s¸t vµ sù th¾t dßng (lµm gi¶m ®Æc tÝnh khÝ ®éng cña dßng ch¶y) (<1);

;

; .

§¹i bé phËn c¸c §CPL hiÖn ®¹i lµm viÖc .trong ®iÒu kiÖn  nªn thµnh phÇn  trong biÕu thøc (1.8) nhá h¬n nhiÒu so víi tÝch . V× thÕ, mét c¸ch gÇn ®óng cã thÓ viÕt .

Khi ®ã nhËn d­îc:

. (1.11)

=

II TÍNH TOÁN TPT CỦA TÊN LỬA PG-9

Tham số ban đầu:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Tham số | Ký hiệu | Giái trị | Đơn vị |
| Chiều dài buồng đốt | LK | 0,226 | m |
| Đường kính buồng đốt | DK | 0,0465 | m |
| Số loa phụt | n | 1 |  |
| Đường kính tiết diện tới hạn | dth | 0,0117 | m |
| Mật độ thuốc phóng | ρT | 1620 | Kg/m3 |
| Lực thuốc phóng | f0 | 920000 | j/kg |
| Chỉ số mũ đoạn nhiệt | k | 1,25 |  |
| Hệ số u1 | u1 | 0,126\*10-6 | m/(s\*pa) |
| Chỉ số mũ v | v | 0,71 |  |
| Hệ số KT | KT | 0,002 | 1/K |
| Hệ số kv | kv | 0,6\*10-5 | 1/(m/s)2 |
| Hệ số tốn thất lưu lượng | φ2 | 0,98 |  |
| Các hệ số | a ; b | 0,3 ; 5,0 |  |

Kính thước thuốc phóng:



Từ cơ sở lý thuyết để tìm được quy luật thay đổi của áp suất theo thời gian ta cần giải hệ phương trình sau:

;

;

;

,

(2.12)

trong ®ã:

Tốc độ cháy: =; với ;

Mà:  lấy Tbd=150c= 288 K và có Tbd.c=293 K

*  =0,9901;
* 

Diện tích cháy: 

Thể tích : .

Diện tích tới hạn: Fth=π\*d2th/4= π\*0,01172/4= 1,075\*10-4 m2;

= =0,658;

=>=



Lùc ®Èy ®éng c¬:



Trong đó:

Lấy  =1; và pa=105 pa;

* P=1\*0,98\*0,658\* \*1,075\*10-4\*p

=1\*0,98\*0,658\* \*1,075\*10-4\*p

=0,6932\*10-4\* \*p;

**Sử dụng phương pháp Runge-kytty giải hệ phương trình vi phân:**

Chọn bước tích phân là:  =0,01 s

Áp suất: = 3\*106 pa ;

Thì khối lượng thuốc phóng cháy: =0.001;

Diện tích cháy ban đầu:

D=43\*10-3 m;

D1=12\*10-3 m;

D2=10.5\*10-3 m;

L=216\*10-3 m;

L1=34\*10-3 m;

S0= π\*D\*L+π\*D1\*L1+π\*D2\*(L-L1)+π\*(D2-D12)/4+π\*(D2-D22)/4

+ π\*(D12-D22)/4

= π\*0,043\*0,216+ π\*0,012\*0,034+ π \*0,0105\*(0,216-0,034)+ π\*(0,0432-0,0122)/4+ π\*(0,0432-0,01052)/4+ π\*(0,0122-0,01052)/4= 0,0392 m2 ;

Vận tốc cháy: 

== 5\*10-3 m/s

Thể tích thuốc phóng ban đầu là:

V0=L1\* π\*(D2-D12)/4+(L-L1)\* π\*(D2-D22)/4

Khối lượng thuốc phóng ban đầu: ω0=V0\* ρT

= (L1\* π\*(D2-D12)/4+(L-L1)\* π\*(D2-D22)/4)\* ρT

=(0,034\*π\*(0,0432-0,0122)/4+(0,216-0,034)\*π\*(0,0432-0,01052)/4)\*1620

=0,4764 kg;

Hệ số tổn thất nhiệt ban đầu:  ===0,7;

Các giá trị  trong đó i=1:4 là các k của j và j=1:3 lần lượt chỉ các giá trị tương ứng của  và  và 

Coi thời điểm ban đầu: 

S0= π\*D0\*L0+π\*D10\*L10+π\*D20\*(L0-L10)+π\*(D0\*D0-D10\*D10)/4

+π\*( D0\*D0-D20\*D20)/4+ π\*( D10\*D10-D20\*D20)/4

= π\*0,043\*0,216+ π\*0,012\*0,034+ π \*0,0105\*(0,216-0,034)

+ π\*(0,0432-0,0122)/4+ π\*(0,0432-0,01052)/4+ π\*(0,0122-0,01052)/4= 0,0392 m2 ;

Với lần 1 ta có:

=0.001;

 =0,7;

p=p0= 3\*106 pa ;

u=u0=5,1\*10-3;

=h\* =0.01\* =0,0067;

= h\* =0.01\* =0,0100;

= = = =1,428;

Thể tích tự do:

V= - (L1\* π\*(D2-D12)/4+(L-L1)\* π\*(D2-D22)/4)

= -(L1\* π\*(D2-D12)/4+(L-L1)\* π\*(D2-D22)/4)

= π\*0,226\*

- π\* (0,034\* (0,0432-0,0122)/4+(0,216-0,034)\*(0,0432-0,01052)/4) )=9\*10-5 m3;

 =

 =

 =4,3878\*106 ;

Với lần 2 ta có:

+0,5\*=0.001+0,5\*0,67\*10-2=0,0044;

 +0,5\*=0,7+0,5\*1 \*10-2=0,705;

p=p0+0,5\*= 3\*106 +0,5\*4,366\*106 =5,1939\*106 pa ;

u===7,5\*10-3;

=h\* =0.01\* =0,0099;

= h\* =0.01\* =0,0143;

= = = =2,0252;

Thể tích tự do:

V= - (L1\* π\*(D2-D12)/4+(L-L1)\* π\*(D2-D22)/4)

= -(L1\* π\*(D2-D12)/4+(L-L1)\* π\*(D2-D22)/4)

= π\*0,226\*

- π\* (0,034\* (0,0432-0,0122)/4+(0,216-0,034)\*(0,0432-0,01052)/4) )=9\*10-5 m3;

 =

 =

 =1,8376\*106 ;

Với lần 3 ta có:

+0,5\*=0.001+0,5\*0,99\*10-2=6\*10-3;

 +0,5\*=0,7+0,5\*1,42\*10-2=0,7071;

p=p0+0,5\*= 3\*106 +0,5\*1,805\*106 = 3,9188\*106 pa ;

u===6,1\*10-3;

=h\* =0.01\* =0,81\*10-2;

= h\* =0.01\* =1,15 \*10-2;

= = = =1,6274;

Thể tích tự do:

V= - (L1\* π\*(D2-D12)/4+(L-L1)\* π\*(D2-D22)/4)

= -(L1\* π\*(D2-D12)/4+(L-L1)\* π\*(D2-D22)/4)

= π\*0,226\*

- π\* (0,034\* (0,0432-0,0122)/4+(0,216-0,034)\*(0,0432-0,01052)/4) )=9\*10-5 m3;

 =

 =

 =3,6401\*106 ;

Với lần 4 ta có:

+=0.001+0,81\*10-2=9,1\*10-3;

 +=0,7+1,15\*10-2=0,7115;

p=p0+= 3\*106 +3,6401\*106 = 6,6401\*106 pa ;

u===8,9\*10-3;

=h\* =0.01\* =0,0118;

= h\* =0.01\* =0,0162;

= = = =2,28;

Thể tích tự do:

V= - (L1\* π\*(D2-D12)/4+(L-L1)\* π\*(D2-D22)/4)

= -(L1\* π\*(D2-D12)/4+(L-L1)\* π\*(D2-D22)/4)

= π\*0,226\*

- π\* (0,034\* (0,0432-0,0122)/4+(0,216-0,034)\*(0,0432-0,01052)/4) )=9\*10-5 m3;

 =

 =

 = -0,4975 \*106 ;

Như vậy:

 +( +0,5\*+0,5\*+ )/6 = 0,0101;

+( +0,5\*+0,5\*+ )/6 =0,713;

p1=p0+( +0,5\*+0,5\*+ )/6 =5,4743\*106 pa;

P1=0,6932\*10-4\* \*p1

=0,6932\*10-4\* \*5,4743\*106 =890,89 (N)

u1===0,0077m;

D1=D0-2\*h\*u1 =0,043-2\*0,01\*0,00561=0,0428 m;

D11=D11+2\*h\*u1=0,012+2\*0,01\*0,00561=0,0122 m;

D21=D21+2\*h\*u1=0,0105+2\*0,01\*0,00561=0,0107 m;

L1=L0-2\*h\*u1=0,216-2\*0,01\*0,00561=0,2158 m;

Làm tương tự với các bước tiếp theo: ti= i\*h;

Ta được thời gian cháy là: tk=0,89 s;

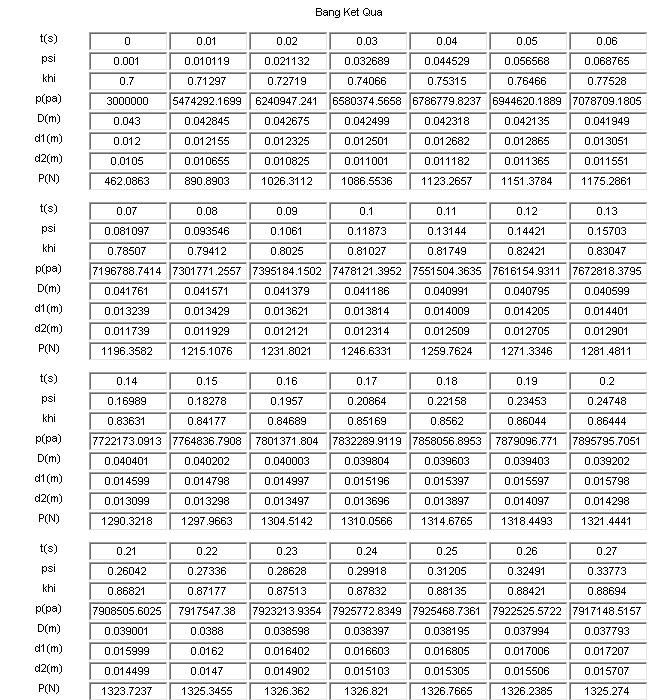
Áp suất tại thời điểm cháy hết là: 3,42\*106 pa;

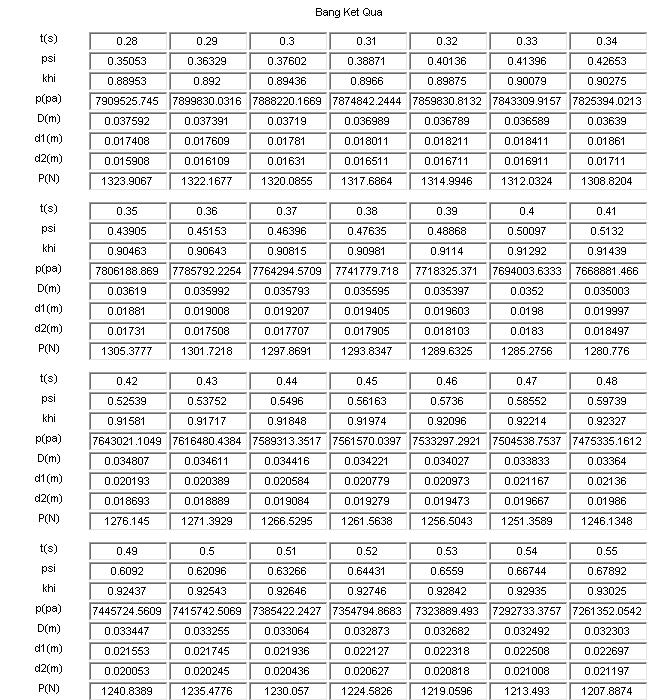
Tại thời điểm t=0,25 (s) thì áp suất và lực đẩy đạt giá trị max.

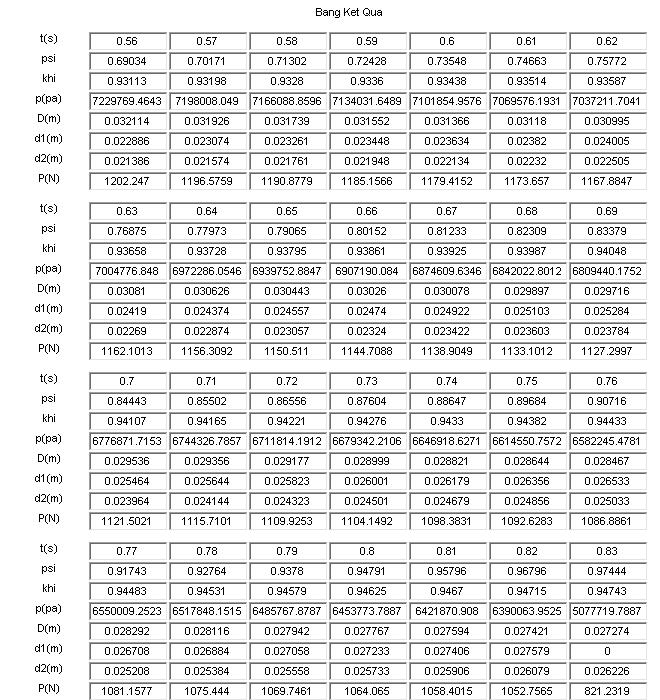
Áp suất lớn nhất là: 7,93\*106 pa;

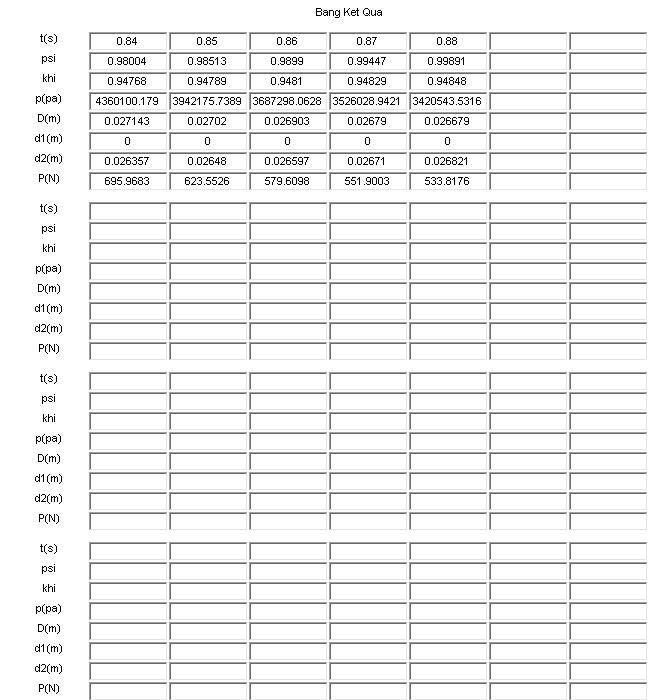
Lực đẩy lớn nhất là: 1326,8 (N);

Bảng kết quả áp suất và lực đẩy:

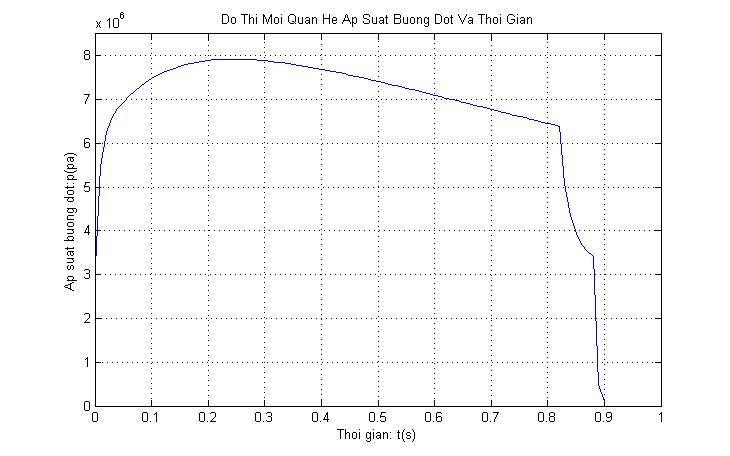




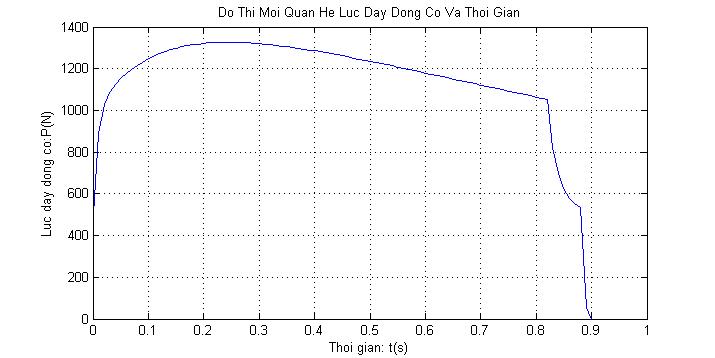




Đồ thị áp suất với thời gian:



Đồ thị lực đẩy động cơ với thời gian:



Kết luận:

Từ đồ thị ta thấy thời gian hoạt động ngắn, khoảng 0,8s chứng tỏ đây là động cơ phóng

Ta thấy áp suất trong buồng đốt tăng lên nhanh sau khi được mồi và dữ ổn định trong một khoảng thời gian thích hợp từ đó tạo ra lực đẩy gần không đổi cho tên lửa. Giúp tên lửa ổn định trong quá trình phóng.

Gần giai đoạn cuối, áp suất giảm đột ngột từ: p >8\*106 pa xuống xấp xỉ 7\*106 pa là do bậc trong lòng ống thuốc phóng từ đường kính d1 chuyển tiếp đường kính d2.

Như vậy kết quả phù hợp với lý thuyết.