



ري غص يني بروت كرحم عي ن صت و مي م صت

اري ري ب س شفي ت س valves ن و غ ول ازن و غ ي ور

ا ة س دن هل ا ي ف ري ت س ج ام ل ا ة ج رد ى ل ع ل و ص ح ل ل ة ل اس ر
ة ي و ج ل

(ة ل م ا ك ت م ة ي س ا ر د ة ر و د)
(ة ش ق ا ن م ل ا د ع ب ة ع ج ا ر م ة خ س ن)

و ج و ر ب اس ن و ر ب و ري ب ي ر ل ي غ ي م و ك س ي س ن ا ر ف ر و ت ك د ل ا ذ ا ت س ا ل ا : ف ر ش م ل ا

ري دقتل او ركشلا

وأ.ةل اسرلا هذه زاجن! نكمملا نم نكي مل ،مهدتعاسم نودب نيذلا ،صاخشأل نم ديدعلا كانه عجدق .سمخل تاونسلا هذه لاوطي نتمعدي تل ،يتلئاع ركشأ نأ دوا ،عيش لك لبقوأل .عورشمل اذه ذيفنت لهسل نم ،ديكأتلاب ،مهعيجشتو مهدتعاسم تل

لأحاتمأمئاد ناك يذلا ،Francisco Brójo ذاتسأل ،يفرشمل ينانتم نع ربعأ نأ دوا ،أي ناث صتناك ،كلذى لىل عوالع .حيحصل راسمل ايف هلمكأب عورشمل ريسي نأ نامضو دتعاسمل ،ريكب ري دقت لح ،ةعقوتمل ريغ تاي دحتل نم ديدعلا عم ،عورشمل اذه لال خ ذاتسأل رب ذاتسأ .عورشمل اذهل أقبس م ددحمل فادهأل قي قحت نم نكمتأل نكأ مل ،كلذ نودب ،هنأل ،عورشمل اذه لثم ريوطتب يل حامسل لىل قدصب مكركشأ ،

لا ةل حرملا لال خ مدمملا دتعاسم لىل ع João Correia ديسل او Rui Paulo ديسل ركشأ نأ اضيأ دوا .ةبوعص رثكأ ديكأتلاب ةبرجتلا اذه ناكل ،امهمعد نودب .ةبيبرجت

و José ،ةصاخو ،يئاق دصأ ةبحص يفسنُت ال يتل تاظحلل او معدلا لكل نتمم انأ ،أريخأ João ،ةيميداكأل يتاونسل لال خ ،

صخلم

اذه نأل أرطن ،أي بسن ثي دح رمأ وه ثافنل عفدل اب لمعت ةريغص تاكرحم جاتنإو ريوطت نإ ،تاقوأل روطت عم ،كلذ عمو .ليوط تقو لبق هريوطتو هتسارد أدب زاغل نيبروت نم عونل لا اذه بلطتي .اهني سحتو اهريوطت يف آديازتم آيدحت لثمت زاغل تانيبروت تحبصأ ةراهمو ةفرعم بلطتي امم ،اهلمعب قلعتت ةددعتم تالاجمل ةفثكم ةسارد تاكرحم نم عون أ لا ،أريغص نوكتي دق ليصفتل نأ نم مغرلا ىلع .ريغص ليصفتي ني سحتل ،ةديازتم أريبك ربتعي ماعل اءادل ىلع هريثات ن

يح ،ناريطل اءانص يف ريبك رود نود ةريغصل تاكرحم هذه ريوطت مت ،ةريخأل تاقوأل ىتح هذه تأدب ،مولعل يف تاروطتل لضفب ،كلذ عمو .تارئاطل جذا منل طقف مدختست تنك ث . [1] اهعفد ماظنك ،ةريسم ةرئاط ،ةلوهأم ريغ ةيوج تابكرم نم أعزج نوكتل دعتو سردت تاكرحم

امهيلي لوصحل مت ني نوكم داعبأ ةاعارم عم ،ثافن نيبروت ريوطت نم عورشمل اذه نوكتي يف يك مهفل . IHI RHB31 VZ21 نيبروتل جذومن نم ،نيبروتل او طغاضل امهو ،أقبسم لا يف دوجوم نوكم لك ةسارد ةعباتم مت ،بسانمل داعبال دي دحت عم ميمصتل ذيفنت ة ،ثافنل نيبروتل لمعب قلعلم ةيساسأل تالاجمل عم يزاوتل اب ،ثافنل نيبروت ةلحرم ىل فلؤل لقتن ،ثافنل نيبروتل ةماع ةسارد ةياهن يف .ةي رارحل تارودل لثم خملم رداصملا يف ةدراول تامولعمل ىلع ءانب داعبال دي دحت ةيلمع أدبي ثيح ،ميمصتل لوصحل مت .سايقم لماع مادختساب داعبال دي دحت ءارجا مت .عجارملا يف ةدوجوملا ،ةفلت ي ،سبماك ساموت ديسل باتك يف ،راضتخاب .طغاضل راطقأ ةبسن نم لماعل اذه ىلع يسلا كرحمل مدختسم طغاضل مجح ىلع هطغاض مجح ميسقتب ئدتبم فلؤل حصن لا ىرخأل تانوكمل ىلع ،سايقم لماع وأ ،راطقأ ةبسن قيبطت مت .سبماك ساموت دغل نيبروتل اذهل تاسايقلا ىل لوصولاب حمس امم ،سبماك ساموت ديسل اهجت نأ يت عل ،عزوملا ،لخدمل جنل ،طغاضل اءاعبأ ىلع لوصحل مت .هب يصوم وه ام ةاعارم عم ،يذا عم نيبروتل لبق امهوف ،دوقول عيزوت ةقلح ،قارحال ةفرغ ،دومعل ليصوت قفن ،دوم ةيالاتل ةوطخل تنك .يجراخل فالغل ،أريخأو ،مداعل تازاغ هوف ،قفتل هيجوت تارفش لا تايبألا يف ةظحللم ميماصتلل ةبسنلاب ،ةروكذل تانوكمل ميمصت ةيلمع يه يلمع وه ميمصتل . V5R18 ايتاك داعبال يثال ميمصتلل جمانرب مادختساب ،ةسوردم قلطم ميمصتك ام ميمصت رابتعا ةياعلل بعصل نم حبصت ،ةيبيرجت ة

لا تنك .ميمصتل ةيلمع نم ءاهتال مت ام دنع تجوبروتل عي نصت ةيلمع ذيفنت مت وي نمأل أساساً تنك يئلاو ،ءازجال جاتنإل ةمزال داوملا ىلع لوصحل يه ةيالاتل ةوطخ ال هتجل اعمتتو ،بوبصم موي نمأل ناك مدختسملا موي نمأل .أدصلل مواقمل ذالوفل او م تانوكمل مظعم جاتنإ مت .ددحمل ميمصتلل آقفو ةبولطملا لأكشأل ىلع لوصحلل آقح م ةسدنه يف اهل كشو اءاعبال آقفو ءازجال عطق مت ثيح ،أدصلل مواقم ذالوف حئافص نم سلل ،ميمصتل ةيلمع كلذكو ،عي نصتلل ةيلمع فصي ذل لصفل حرش متي .حطس م نيبروت/طغاض ةعومجم عم فيكتل وأ لبق سمل يف لمكلم لمعل جاتنإ ةءاعب حام ةفلتخ

يقرر مكحت تاذ ةي دومع ةطرخم ىلع اهجاتن انكمي ال ثيحب ةيغلل ةريغص داعبالا تناك
ةجتنملا ءازجالا ىلع قبطملا ماحلللا ذيفنت متي مل ،كلذ ىلإ ةفاضلإاب .رواحم ةسمخب
فلا يف هحرش مت امك ،ةيملعلا ليهستل ءازجالا كمس ةدايز دعب ىتح ،ةبولطملا ةدوجلإاب
تعنم يتلا ةيفاكلا ريغل لئاسول ببسب فادهألا دحأ قيقحت متي مل ،كلذل 4.3 لصل
ثافنلا كرحملا ءازجأ عي نصت .

ةيحاتفملا تاملكلا

مع ، V5R18 ايتاك ،داعبالا دي دحت ،ميمصت ،ةيرارح تارود ،ريغص يني بروت كرحم ،يني بروت جذومن
عيني نصتلا ةيل .

صخلم

الاي ف ذخال عم ،أي بسن شي دح رمأ وه ثافن عفد ماطن ب ةريغصل تاكرحملا جاتنإو ريوطت وأ نم ةديدع تاونس لبقي وريوطتو هتسارد أدب ةيزاغلا تاني بروتل نم عونلا اذه نأ رابتع زغال تاني بروتل تحبصأ ،نمزل روطت عم ،كلذ عمو .ةريغصل تاني بروتل هذهل ءانب ل تت .انهن سحتو اريوطت ديازتم لكشب بعصل نم حبصأ شيح ،ربكأ أي دحت لثمت ةي طتي امم ،اهل معب عقل عتلمل تالاجملا نم ديدعلل ةفثكم ةسارد ةيزاغلا تاني بروتل بلط دق لي صافتلا نأ نم مغرلا ىلع .ةريغص لي صافت نيسحتل ةيفاضا تاراهمو ةفرعم بل .أري بكنوكيس ماعلا ءادألا ىلع اريثأت نأ الا ،ةريغص نوكت

شيح ،ناري طلا ةعانص ي ف ريبك رود نود ةريغصل تاكرحملا هذه ريوطت مت ،ةريخال ةنوالا ىتح دمتي ،مولعل روطت قاي سي ف ،كلذ عمو .ةيجذومنل تارئاطلا تاكرحملا طقف مدختست تناك [1] .اهب صاخ عفد ماطنك ،UAV's ،رايط نودب تارئاطلا ي ف اهجمدل اهداعو تاكرحملا هذه ةسار

ينوكملا داعبأ ةعارم عم ،ريغص قاطن ىلع ،ينين بروت كرحم ريوطت نم ةلاس رلا هذه نوكتت IHI RHB وبروت جذومن نم ،ينين بروتلاو طغاضلا امهو ،أقباس امهيلي لوصحل مت نينذل ن م نوكم لكل ةسارد ءارجا مت ،ةبسانم داعبأ ميمصت ذيفنت ةيفيك مهفل .B31 VZ21 ا كرحملا لمع عقل عتلمل ةيساسال تالاجملا عم يزاولاب ،ينين بروتل كرحملا ي ف دوجو بروتل كرحملا ةماعلا ةساردلا ةيانهن ي ف .ةيرارحل ةيكيمانيدلا تارودلا لثم ،ينين بروتل لا ىلع ءانب داعبالا ديدحت ةيلمع أدبت شيح ،ميمصتلا ةلحرم لا فلؤلما لقتنا ،ينين م داعبالا ديدحت ذيفنت مت .عجارملا ي ف ةدوجوملا ةفلتخملا رداصلما ي ف ةدراول تامولعم تخاب .طغاضلا راطقأ ةبسن نم لماعلا اذه ىلع لوصحل مت .سايقم لماع مادختسا لالخن طغاض رطق ةمسقب نيئدتبملا فلؤلما حصني ،سبمماك ساموت ديسلا باتك ي ف ،راص ل لماع وأ ،راطقألا ةبسن قيبطت مت .سبمماك ديسلا كرحم ي ف مدختسمل طغاضلا ىلع مه واصل لاجأ نم ،سبمماك ساموت ديسلا اهجتأ يتلا ،ةيقبتملا تانوكملا ىلع ،سايقملا ءاطغ داعبالا ىلع لوصحل مت .تايسوتلا ةعارم عم ،يزاغلا نين بروتلا اذهل تاسايقلا ىلع ل ،دوقولا عيزوت عقلح ،قارتحالا ةفرغ ،دومعلا ةيواح ،دومعلا ،عزوملا ،لخدملا جئالاف ،طغاضلا لمع يه ةيلاتلا ةوطخل تناك .يجراخل فالغل ،أرخأو ،مداعلا ءهوف ،ءهوفلا هي جوت تارفش ي ف ةدوجوملا ،ةظحالما ميمصتلاب قلعتي امي ف ،اهيلا راشملا تانوكملا ميمصتلا ةي تل .V V5R18 اي تاك داعبالا ي ثال ميمصتلا جم انرب مادختساب ،ةسوردمل تاي بدلأا تك دحاو ميمصت رابتعا ي ف ةيغالل ةبعص انه أن رهظت يتلاو ،ةيبيرجت ةيلعمل وه ميمص قلطم ميمص

كك دق ميمصتلا ةيلمع تناك ،تقولو كلذ ي فو ،ينين بروتلا عي نصت ةيلمع ذيفنت مت ككت يتلاو ،عطقلا جاتنإل ةمزاللا داوملا ىلع لوصحل يه ةيلاتلا ةوطخل تناك .تلمت اموينملا أل وه مدختسمل اموينملا أل ناك .أدصلل مواقملا ذالوفلاو اموينملا أل نم أساساً نو ددحملا ميمصتلا ل أقفو بولطملا لكشلا ىلع لوصحلل هيلع لمعلا مت شيح ،بوبصملا ل أقفو عطقلا عطق مت شيح ،أدصلل مواقم ي ذالوف قرو نم تانوكملا ةي بلالغ عي نصت مت ،عني نصتلا ةيلمع فص ي ذل لصفلا حرش متي .ةيوتسم ةسدنه ي ف ،اهل كشو اهداعبأ أ لبقتسمل ي ف لمتمكلا لمعلا جاتنإل ةداعبأ حامسلل ،ميمصتلا ةيلمع ىل ةفاضلا اب ةفلتخم نين بروت/طغاض ةعومجملا فيكتلا و

ل ةريغص امه داعبأ تناك شيح ،طغاضلا ءاطغو عزوملا عي نصت نكمملا نم نكي مل ،فسألل نت متي مل ،كلذ ىلع ءوالع .5- ةي دومعلا ءجالعلا زكرم ي ف اهجاتنإ نكمي الا شيحب ةيغال ،ةبولطملا ةدوجلاب ءعنصلما عطقلا ىلع قبطملا ماحلل ذيف

ي مل ،كلذل 4.3. لصفلا يف حضوم وه امك ،ةللمللا ليهستل ةداملا كمس ةدايز دعب ىتح
أعني نصت تنم يتلا ةيفاكلا ريغل لئاسول ببسب ةيسيئلا فادهألا دحأ قيقحت مت
ةثافنلا ةرئاطلا كرحم ءازج .

رلا تاملكلا ةيسيئ

يتاك ،داعبالا ديدحت ،ميمصت ،ةيرارحلا ةيكيمانيدلا تارودلا ،ريغص ينينبروت كرحم ،ثافن كرحم
عني نصتلا ةيلمع ، 18 V5R1 V

تايوت حملا

- 1 فادهأل او عفاودل M 1
2. ققيثولال لكيه 1.3. فادهأل 1.2. 1.1. عفاودل 1.1
- 3 ةيفارغوويل بب ةعجارم B 3
- ا ةعجارم 2.2. 4. ةي زاغل تاني بروتل اعاون 2.1.1. 3. ةي زاغل تاني بروتل ةي خيرات ةعجارم 2.1. ةي رظنل ميهافم 2.2.2.1. 8. ةي رارحل ةي كي ماني دل ةرودل 2.2.2. 7. لمعل ةرود 2.2.1. 7. ةرودل 2.2.2.2. 18. تانوكمل 2.3. 12. ةرودل كولس لي لحت 2.2.2.3. 10. نوت يرب ةرود 2.2.2.2. 8. ا ةفرغ 2.3.4. 22. عزوم 2.3.3. 21. يروحم 2.3.2.2. 19. ي زكرم درط 2.3.2.1. 19. طغاض 2.3.2. 18. لخدمل 29. مداعل ةهوف 2.3.6. 28. ي عاعش 2.3.5.2. 26. يروحم 2.3.5.1. 26. ني بروت 2.3.5. 23. قارت حال 2.3.7. 31. دوقول نقح طامن 2.3.7.2. 30. دوقول 2.3.7.1. 30. دوقول ماظن 2.3.7. 2
- 31 ني بروتل انحاشل تاي ساس 4.
- 3 ةي جهنم M 5
- 3.1 35 ةيلعمل g داعبال 3.1
- مع 3.1.5. 36. عزوم 3.1.4. 36. طغاضل اعاطغ 3.1.3. 35. لخدمل جفال 3.1.2. 35. طغاضل 3.1.1. ا تارفش ماظن 3.1.8. 38. دوقول عزوم 3.1.7. 38. قارت حال ةفرغ 3.1.6. 37. دومعل قبلعو دو قول اخضو، ميحشت، لماحم 3.1.11. 39. مداعل ةهوف 3.1.10. 39. ني بروت 3.1.9. 38. ةهوفل 40. ي جراخل فالغل 3.1.12. 39. دو

0	4.عني نصت الةي لمع 2.3
43	ةيل مع ةل اء 4
43	4.1 داعب ألأ جئاتن .
43	4.2 ريغصل اليني بروتلت لك رءم ال ءذومن مي مصت .
43	4.2.1 طعا ض
44	4.2.2 لءءم ال ءنال ف
45	4.2.3 طعا ض الاءا ط .
47	4.2.4 عزم
48	4.2.5 دوم عل ةبلعو دوم .
49	4.2.6 قارءءال ةف ر .
50	4.2.7 دوقول عزم
51	4.2.8 ةهوف يليلء ماضن .
51	4.2.9 نيب روت
52	4.2.10 لامءمال او،ييءراءال فالغل،مءاعال ةهوف .
54	4.3 تانوكمل عني نصت .
	لمع 4.3.4.ةطرءم الةي لمع 4.3.3.ءءطال الةي لمع 4.3.2.ليكشءال الةي لمع 4.3.1
	لمع 4.3.5.ماءلل الةي لمع 4.3.6.ماءلل الةي لمع 4.3.7.
63	ةمءالا 5
	64.تاياصوءلالو ةيل ببقت سمل اللامعال 5.2.بويعل 5.1
65	عءارءم
69	قءالم

لاكشأل ةمئاق

· [8] يخوراص كرحم 2.4 5. [8] تجبلاب 2.3 5. [8] تجمار 2.2 3. [5] يلبيلويأل 2.1 5 2.8 6. [12] ينېبروت دومع 2.7 6. [11] ةينېبروت ةحورم 2.6 5. [6] ينېبروت 2.5 5 2.10 6. [6] RB. 211 سيور زلور ،زواجتلا يلاع كرحم 2.9 6. [6] ةينېبروت ةح حلا الكيماني دل تالاحو ثافنلا كرحم تانوكم 2.12 11. [14] ةقلغم ةرود 2.11 11. [14] ةح نود لخدم 2.14 12. [16] ينېبروتلا ةطحم ميقرت 2.13 11 [16] ةلثامملا ةيرار طتسم يتوص قوف لخدم 2.16 19. [26] يروحم يتوص قوف لخدم 2.15 19. [26] يتوص و طغضالاروطت 2.19 20. [27] تاعفادل اعاون 2.18 19. [8] يزكرم طغاض 2.17 19. [26] لي ل تارييغت 2.21 21. [6] يروحم طغاض 2.20 20 . . [27] عزوملا-ةحورملا ماطن ربع ةعرسل اغاض 2.23 22. [8] ةدحاو ةفل وذيروحم طغاض 2.22 21. [8] يروحم طغاض يف ةعرسل او طغض 2.26 23. [8] قارتحال ةفرغ 2.25 23. [29] عزوملا اعاون 2.24 22. [8] ني تفل وذيروحم ط نأ قارتحا ةفرغ 2.28 25. [8] ةددعتم قارتحا ةفرغ 2.27 24. [8] دقوملا لخاد ءاولهلا عيزوت 27. [8] عفاد نيبروت 2.30 26. [8] ةيقلح قارتحا ةفرغ 2.29 25. [8] ةيقلح ةيبوب روت 2.33 28. [27] موعدم يعاعش قفدت نيبروت 2.32 27. [8] ربع صئاصخا لريغت 2.31 2.34 29. [27] طلتخم يعاعش قفدت نيبروت 2.35 30. ةدعابت-ةبراقتم ةهوف 2.34 29. [27] طلتخم يعاعش قفدت نيبروت 2.37 32. [32] يشوب ديرفلأ عارتخا ةءارب ،ينېبروت نحاش 2.36 31. [29] دوقو ا ةطيرخ يلع لاثم 2.39 32. [35] ينېبروتلا نحاشل لمع 2.38 32. ينېبروتلا نحاشل طغاضل 29. [29] طغاضلا اعاطغ 3.1 34. [36] طغاضلا ةطيرخ RHB31V ZZ21 2.40 33. [34] طغاضل 36 3.2 37. [29] عزوم 36 3.2 37.

ا بوبنأ 3.6 37. [29] دومعل اةيواح 3.5 37. [29] دومع 3.4 37. [29] عزومل تارفش فلم 3.3
 إ 3.9 39. [29] مداعل اةهوف 3.8 38. [29] يلخادل بهلل بوبنأ 3.7 38. [29] يجرال بهلل
 CAD.44 طغاض فناعز مسر 4.2 44. CAD طغاض دومع ليغشت 4.1 42. عزومل ميمصت عارج
 يفلخ ضرع 4.6 45. لخدمل لي مامأ ضرع 4.5 44. CAD طغاض ضرع 4.4 44. CAD طغاض ضرع 4.3
 4.9 45. لخدمل سايقلا يواستم ضرع 4.8 45. لخدمل لبناج ضرع 4.7 45. لخدمل
 ل ااطغل لبناج ضرع 4.11 46. طغاضل ااطغ ميمصت تارئاط عافترا 4.10 46. طغاضل ااط
 4.14 46. طغاضل ااطغل يرتموزي ضرع 4.13 46. طغاضل ااطغل يفلخ ضرع 4.12 46. طغاض
 وملل روحمل ارفش حانج 4.16 47. يطورخمل لكشل ااذ عزومل ارفش 4.15 47. عزومل اذعاق
 ر 4.20 48. دومعل مسر 4.19 48. دومعل اةيواح مسر 4.18 48. عزومل يرتموزي ضرع 4.17 47. عز
 ل يرتموزي ضرع 4.22 49. يلخادل بهلل بوبنأ مسر 4.21 49. يجرال بهلل بوبنأ مس
 ول اقلح 4.24 50. يجرال بهلل بوبنأ يرتموزي ضرع 4.23 49. يلخادل بهلل بوبنأ
 فل تارفش ماظن ضرع 4.27 51. اةهوفل تارفش ماظن ضرع 4.26 51. NGV.51 ماظن 4.25 50. دوق
 إ ضرع 4.30 52. نيبروتل ارفش مسر 4.29 52. نيبروتل دومع ليغشت مسر 4.28 51. اةهو
 53. مداعل اةهوفل يرتموزي ضرع 4.32 53. مداعل اةهوف مسر 4.31 52. نيبروتل يرتموزي
 محمل تارك مسر 4.35 53. لمحمل فالغ مسر 4.34 53. يجرال فالغل يرتموزي ضرع 4.33
 تانيع 4.39 55. بوبصم موي نملأ 4.38 55. نرف F 37 4. 54. لاثم 618/5 618/5 4.36 53. ل
 55. اامال ثافن مادختساب اةو طقمال عطقل نم

وقت مل ي ل خ اد ل به ل ل بي بان أ 56 4.41. ي ل خ اد ل به ل ل بي بان أ ي ف ة ح و م ب و ق ث 4.40
 ي ج را خ ل به ل ل ب و ب ن أ 56 4.44. ي ل خ اد ل به ل ل ب و ب ن أ 56 4.43. م د ا ع ل ة ه و ف 56 4.42. ب
 ة ه و ف ل ي ل ي ل د م ا ظ ن ت ا ر ف ش 57 4.47. ب و ق ث م ن ي ب ر و ت 56 4.46. ي ج را خ ل ف ا ل غ ل 56 4.45
 58 4.50. ة ه و ف ل ي ل ي ل د م ا ظ ن ن م ي و ل ع ل ا و ط ي ح م ل ا ء ز ج ل 58 4.49. ن ي ب ر و ت ل ة د ع ا ق 57 4.48
 ة ق ل ح 60 4.54. د و ق و ل ة ق ل ح م ع د 59 4.53. د و م ع S 52 4.59. ل خ د م ل ج ن ا ل ف 58 4.51. د و م ع ل ة ي و ا ح
 ل به ل ل ب و ب ن أ ل ي م ا م أ ض ر ع 61 4.57. ي ج را خ ل ف ا ل غ ل 61 4.56. م د ا ع ل ة ه و ف 60 4.55. د و ق و ل
 62. ي ج را خ ل به ل ل ب و ب ن أ 61 4.59. ي ل خ اد ل به ل ل ب و ب ن أ ل ي ف ل خ ض ر ع 61 4.58. ي ل خ ا د
 ة ه و ف ل ي ل ي ل د م ا ظ ن ل ي ل خ اد ل ا ء ز ج ل 62 4.61. ة ه و ف ل ي ل ي ل د م ا ظ ن ل ة ي ج را خ ل ا ء ز ج أ ل 4.60
 74. د و م ع 73 B.5. د و م ع ل ة ي و ا ح 72 B.4. ع ز و م 71 B.3. ط غ ا ض ل ا ط غ 70 B.2. ل خ د م ل ج ن ا ل ف 62 B.1
 ر ا خ ل به ل ل ب و ب ن أ 76 B.8. د و ق و ل ة ق ل ح م ع د م ي ل خ اد ل به ل ل ب و ب ن أ 75 B.7. ل ص ا و ف 6 B.6
 ا ة ف ر غ " 80 C.1. م د ا ع ل ة ه و ف 79 B.11. ي ج را خ ل ف ا ل غ ل 78 B.10. ة ه و ف ل ي ل ي ل د م ا ظ ن 77 B.9. ي ج
 82. " ت ج و ب ر و ت ل ل ف ص ت ن م ض ر ع " 82 C.3. " ت ج و ب ر و ت ل ل ي م ا م أ ض ر ع " 81 C.2. " ق ا ر ت ح ا ل
 ر غ " 84 C.6. " 3D w 1 " ت ج و ب ر و ت ل ل ي ر ت م و ز ي ا ض ر ع " 83 C.5. " ت ج و ب ر و ت ل ل ي ف ل خ ض ر ع " 84 C.4
 3D c ت ج و ب ر و ت ل ل ف ص ت ن م ي ر ت م و ز ي ا ض ر ع " 85 C.7. " 3D w 2 " ت ج و ب ر و ت ل ل ي ر ت م و ز ي ا ض
 86. "

لواذج لةمءاق

اومل 2 69ءازجال ةمءاق 1 30. [29] دوقول 2.2 21. [27] ةفلتخملا حوارملا بويعو ايازمل 2.1
87. [36] Turbo VZZ21 ةينفلا تافص

تاي مستال

A	م ² يضرع ال عطقم ال ةحاسم
a	توصل ال ةعرس m/s
c	ةيعون ال ةارحل kJ/kgK
E	ةيلكل ال ةقاطل W
F	عفل ال N
F/\dot{m}	ددم ال عفل ال Ns/kg
FHV	دوقول نيخست ةمقي J/kg
f	ءاول ال ىلإ دوقول ةبسن
h	ددم ال يبلانلإل J/kgK
ke	ةيكرح ةقاط J
M	خام مقر
m	ةلتك kg
\dot{m}	ةلتكل ال قفدت لدعم kg/s
pe	ةنماك ةقاط J
P	طغض Pa
Q	ةارحل لدعم W
R	يقيقرحل زاغل ال تباث kJ/kgK
S	يعونل دوقول كالهتسا mg/Ns
T	ةارحل ةجرد K
V	ةعرس m/s
W	لمعل لدعم W
η_p	عفل ال ةءافك
γ	ةيرارحل ةعسل ال ةبسن
π	طغضل ال ةبسن
ρ	ةفاثك kg/m^3
τ	ةارحل ال ةبسن
τ_λ	دوكرلل يبلانلإل ىصقأ
	ةبسن
θ	لئاولسل قفدت ةقاط J

ال
 تابا
 ك
 ال
 ة
 عرف

<i>a</i>	ءاوه
<i>b</i>	دقوم
<i>c</i>	طغاض
<i>cc</i>	قارتحال ةفرغ
<i>f</i>	دوقو
<i>in</i>	لإخدا
<i>m</i>	يكيينالكي م
<i>o</i>	يالمجا
<i>out</i>	جارخا
<i>p</i>	تباث طغاض
<i>r</i>	رحال رايتل افورظ
<i>t</i>	نيبروت
<i>th</i>	يراح
<i>v</i>	تباث مچج
0	Total
1	ةلؤلأال ةلأال
2	Final state

تاراصت خال اقمئاق

CAD رتوي بمكل اءءاسمب ميمصت

بوسا حل اب موعءم ءاعبالا يءالء يلعافء قيبطء اءءاك

CC قارءءال اءفرء

CNC يمقرل مكءءل

FABLAB عي نصءل ربءءم

NGV ءءوف ءي ءوءءا رفش

RC ءعب نع مكءء

TSFC عءءل ءءءملا ءوقولا كالهءسا

UAV ءريسم ءرئاط

UBI ءيلءاءل اريي بءءماء

1 لصف

فادهال او عفاودل

عفاودل 1.1

م نم ان أدب. ةليوط ةرتفل انراكفأ يف ناكو، انل لوضف راثأ أدحاو ناريطلا يف ناسنإل ملح ناك نيف ادودرانوي لل ةيعارشل ةرئاطلا م، ةيقرولا ةرئاطلا عارتخا ل، ريطت يهو رويطل ةطحال يأل م، ةيعارشل ةرئاطلا م، هيفل وعتنوم داطنمب أضى فورعلم، يئوه داطنم لوأ م، يش [2]. تيار نيوخأل ةرئاط، أريخأو، مردور

نأ لوح تاسارد أضى كانه تناك، عفرلا دي لوتل، ةمادتسم ءحنجأ لىل ع روثعلل ةساردل نم اك. ةقاط ردصم كل تمن نأ انيلع ناك، ةمادتسم ناريط قيقحتل هنأ انمهف اننأل، عفدل ةمظ تل م ثيل خادل قارتحال كرحم اهعبت م، اهؤاشن م تيل لىل وأل يه راخبل تاكرحم تن ةلحر لوأب تيار ناوخأل ماق امدنع انملح ققحت، أريخأو. يزاغل نيبرو

مجاهع اضخا م. عفدل ةمظنأو، لكايهل او، داومل او، ةديجل تارئاطلا ءحنجأ ريوطت يف ان أدب انع فقوتن انل زامو، ةثيدجل تارئاطلا لىل انل صو ىتح قيقحتو ةفثكم ةساردل أعى تل او تاراقل روبعب ةثيدجل تارئاطلا ريوطت انل حمس. ةيفاضا تاني سحت نع ثحب ل ىرخأ ةراق لىل لوصول نك ممل نم نوكي يكل، كلذ لىل ةوالع. ةفل تخم تافاقت عم لعاف و. ةزهجومو، ةينبمو، ةيغلل دي ج لكشب ةممصم ةرئاطلا نوكت نأ بجي، تاغاس نوضغ يف ةمزالل ةعرسل لىل لوصول نم ةرئاطلا نكمي ام، رجل نم ةريبك ةيمك ةرئاطلا تاكرحم رف معل، لاثملا ليبس لىل، ةرئاطلا ضرغل أقفو اهنيسحتو اهريوطت م تي. بولطملا لمعلل ليصافتلا قدا لىل، لاتقل فقاوم وأ، ةيراجتل تالحرلا، يدملا ةديعب ةيكرسعل تاي ل زواجتت ةلهزم ةعرسب ريظتل تارئاطلا ينبت، لاتقل فقاوم يف، لاثملا ليبس لىل س نلابل انملل ةديعب ةيزاغل تاني بروتلا تاكرحم دعت مل. [3] 343 m/s، توصل ةعرس طحل، نسحل. يملعل او يجلونكتل مدقتل لضفب، ةدحاو انب ديرىو متهم صخشل ةب اهنيسحتو اهؤانب عرملل نكمي ةريغص ةيني بروت تاكرحم كانه، رضاحل تقول يف

ي بروتل تاكرحملا مساب فرعتو أرخؤم يودي بيكرت بلطتت يتل ةثافنل تاكرحم ترهظ انصلال يف اهنكم ذخأت ةريغصل تالال هذه تأدب. ةيجزومنل تارئاطلا تاكرحم وأ ةريغصلل ةيني ةريسملا تارئاطلا يف لمحتم قيبطتل تاكرشل لبق نم اهجاتن او اهريوطت م تي شح، ة (RC) دعب نع مكحت جزومن ثافن كرحم لىل ةيزاغل تاني بروتل هذه قيبطت نكمي. [1]

لىل ةفاضل اب، عفدل ةمظنأب أمتهم أصخش بذجي ريغص يني بروت كرحم انبل يدحتل ارد لالخنم، كلذل. هناضتخا لىل يدؤي ام، ةيلبل بق تسم لامعأ يف ةمهاسملا ةينكلم ةفرعم يني بروت كرحم لىل و لجزومن ميمصت م، ةيزاغل تاني بروتل عي نصتو ميمصت ةس و ةيقببتمل اءجال عي نصت أبيرق م تيس، ريبك دهجبو، اءجال ضعب انب متو ريغص يئاهنل كرحم لىل يبي رجتل ليلحت اءرجا م تيس.

1.2 فادهأل 1.2

ا ي ف .مجحلا ريغص يني بروت ءانبو مي مصت ىلع زكرتي ةلاسرا هذه نم يسيئرل فدهلا ت جمانرب مادختساب ريغصل ثافنل كرحمل داعبالا يثالث مي مصت ءارجا مت ،ةيادبل لل أقفو مي مصتلا ذيفنت مت .ايتاك ،ديدحتلابو ،(CAD) رتوي بمكلا ةدعاسم مي مص .مجحلا ةريغص ةثافنل تاكرحم مي مصت ةسارد لال خ اهقيقت مت يتل ةيدعبل مي ق

ا ىلع ةقيرطل هذه دمتعت .فلؤل لبق نم ةحاتملا تايبدأل ي ف ةدوجوملا داعبالا ريغص دامتعا مت سم هذه تناك .تقولو كلذ ي ف اهريوطت مت يتل مي ماصتلا ،صاخ لكشبو ،ةيبيرجتلا تانايبل ل لئاسولا رفوي امم ،ةيسيئرل تانوكملل ةبسانملا تاسايقل ىلع لوصحلا لجأ نم ،ةريبك ةدعا 3. لصلل ي ف ءاوا لكشب داعبالا ديدحت جهن حرش مت .ةيقبتملا عطقل داعبالا ديدحت

ص جذومن جاتنإل ةذختملا تاوطخل ةلسلس فصو وه لمعلا اذه نم يسيئرل او ريخأل فدهلا رجم جاتنإ ىلع ئراقلا ةدعاسم ،ةفافش ةقيرطب ،ةيلمع تاقيبطتل ،ثافن كرحم نم ريغ .مجحلا ريغص ثافنل هك

ةقيرطولا لك يه 1.3

متي امب ،ءازجا ةدع ىلع لصف لك زكري ثيح ،لوصف ةسمخ ي ف لمكلا ب ةقيرطولا ميظنت مت .ريتسجاملا ةجرد ةحورطأل داتعملا قيسنتلا عم ىشا

إ ةفاضلإاب .ةلاسرا هذه ريوطت قبس يذل فلؤلما عفاد سكعي ،يلاخالو ،لوال لصلل قم وه ام مهف لي هستل ،ةيقطنم ةقيرطب ةقيرطولا ميظنتو فادهال مي دقت متي ،كلذ ىل .ةلاسرا هذهل حرت

لكشبو ،ءاونأ فصو ،يذاغل ني بروتلا مدقي ثيح ،ةبدا ةعجارم يثالث لصلل مدقي ل ،ةثافنل ةرئاطلا كرحم لكشت يتل تانوكملل ماع فصو هعبت ي .يني بروتلا ،صاخ افنل كرحم لل ةماعلا ةفيظولا مهف نم اننكمت يتل ةيرارحلا اكيما ني دل مي هافم بناج ي ث.

ب ةقلعتملا تارايخل ارربم ،داعبالا ديدحت ةيلمع ذيفنت مت فيك حضوي ،ثالث لصلل .تانوكملل سيقم

متمكم ،ةبولطملا تانوكملل عي نصتو مي مصتلا ةعبتملا تاءارجإل عبارلا لصلل ددحي .ةيلمعلا لال خ اهؤارجا مت يتل ةيفاضلإا تاليدعتلا ىلإ ةفاضلإاب .اهعيمجت ةيلمع ب آل

قعلاو ،ةيلمعلا تاءارجإل نم ةصلختسملا تاجاتنتسالا نع فشكي ريخأل او سماخلا لصلل .ةيلبقتسملا لامعأل تاحارتقاو ةلاسرا هذه ريوطت عم اهتءاوم مت يتل تاب

2 لصف

قي فارغوي لبب ةعجارم

2.1 ةي زاغل تاني بروتل ةي خيرات ةعجارم

خامسا، يلي بيولي أل. يردنكس إل وريه وأ، وريه هأشنأ، رصم-نامورلأ نمز يف لوأ موهفم رهظ ثيح، نيلب اقتم يبناج يل ع، نيتهوف ني ب عمجي، يعاعش يراخب ني بروت وه، وريه عارت نارود يف ببستي امم، ةرك لخاد امال نايلغ نم نوكتمل راخب لب ببسب امال راخب جرخي 2.1. لكشلا يف حضوم راخب لب كرحم يل لاثم. نارودلا مزعأ دلوم، ةركلا زكرم



[5] يلي بيولي أل: 2.1 لكشلا

اب نينيصل لببق نم رشع ثلاثل نرقلا يف يئاي زيفلا لعافتلا أدبم قيبطت مت نتوين قاحسإ ريس ققح، 1687 ماع يف، نورق ةثالث دب. [6] ةيرانلأ باعألأ مادختس ةكرحل نين اوق ةثالث ةغايص لالخنم أمساح أمقم:

ت متي مل ام ةمظت نم ةكرح يف، ميقتسم طخ يف، مسجلأ قبيس: يثاذلأ روصقلأ 1. ةعرسلأ يف ريغلأ، $Force = m \times g$ ، 2. [7] هتلاح ريغلأ، مسجلأ يل ع ةيجراخ ةوق قيبط وناق 3. [7]، F ، ةيجراخ ةوق قيبطت متي ام دنع، مسجلأ، m ، ةلكلا يل ع دمتعي، g ، رألأ قبطت امنيب ضرألأ يل ع ةوق رجحلأ سرامي، لاثم لاي بس يل ع: لعفلأ درل-مغلأ ن [7] رجحلأ يل ع ةي واستم ةوق ض

ةي نمز ةرتف لالخن، ةي زاغل تاني بروتلأ وحن ةمهم تاوطخ ذاختاب نين اوقلا هذه انل تحتسم خا ةءارب يل ع لصح يذلأ، يزي لجنإ، ربراب نوج لببق نم، 1791 ماع يف لولأ ةوطخلأ تناك رود سفن يهو، نوتيرب ةرودب ةفورعلم، يزاغلأ نين بروتل ةي رارجلأ الكي مانيدلأ ةرودل عارت ابرهكلا لعاش إلأ ثراو زلوه سنه روط، ةرودلأ هذه مادختساب. ةي لالخن ةي زاغلأ تاني بروتلأ ة [6] 1908 يف ةموكحم تامامص عم، قارتحالأ ةفرغ يف، جي زملل يئ

نارول هي نير ةطساوب ثافنلأ عفدلأ ماظن مدختسي كرحمل عارتخا ةءارب لي جست مت، 1913 ماع يف ةدوج ببسب عورشملأ ديسجت نكمملا نم نكي مل هنأ نم مغرلأ يل ع، توص نود تجمار لولأ ناك

ل عفدل ماطن روطت نأىلى إلفاضإلاب ،ةرارحل ةمواقم ىلع ةرداق داومل نكت مل .تقول كلذى ف داومل
[8] . تارئاطل ةءافك ىلع رثأ أمم ،ىلوالأ همأى ف ناك ثافن

تخا ةءارب ىلع لتىو كنارف ريس لصح ام دنع 1930 ماع ف ثافنل عفدل تاكرحم قىقحت مت
ث رابتخا لولأ ىرجأ ، 1937 نىف ،قحال تقو ف .ثافنل عفدلل يزكرم زاغ نىبروت ميمصت عار
ناه نأ ال ،تبات رابتخا لولأ ىرجأ لتىو نأ نم مغرلا ىلع .ةثافنل ةرئاطل كرحم خيرات ف تبا
كرحم أشنأ نم وه ،تارئاطل لك نىاه ةكرش ف لمعى ناك يذل ،نىاهوأ نوف تسباب مىخاوى س
فد كرحمك همادختسا مت يذلاو ،لتىو ميمصتل هباشم ،يزاغل نىجوردي هلاب لمعى نىبروت
مت ،تاونس ثال دعب . 1939 نىف ،ملال ف ةينىبروت ةلجر لولأ أققحم ، 178-He ةرئاطل ع
[6] . ةرئاطل عفد كرحمك ةرم لولأ لتىو كنارف كرحم مادختسا

حم ةلجر هف تئدح يذل مال سفن ف ،اينامل ف ةيروحم ةينىبروت ةرئاطل ةلجر لولأ تناك
ه دئاق ناك . Me-262 ةرئاطل عفدل ماطن وه ، Jumo o 004A ،يروحمل نىبروتل ناك .لتىو كر
تىو كنارف كرحم نأ نم مغرلا ىلع [6] . زنارف مل سنأ وه ،زركنوى ةكرش متراخا يذل ،عورشمل اذ
[8] . ثيدحل يزاغل نىبروتل تايساسا سسأ هنأ ال ،ةعرسب مؤانب ناكلابل نكى مل ل

ببطت عم ،تانىسحت نع أثحب ،لازى الو فثكم لكشب ثافنل عفدل ماطن ةسارد تمت
لا كرحم قىببطت مت ،طقف تاونس دعب .تاكرحمل نم عونل اذه ف يلبقتسم حجان قى
روهظل ف ريغص قاطن ىلع كرحمل سفن جاتنإ ةداعإ ةركف تادبو ،ةرئاط ىلع نىبروت
روك ةطساوب أدب هنأ ضرثفئ ،كلذ عمو ،هيدحت بعصل نم رغصمل نىبروتل خيرات
روت راركتب ماقي ذل لولأ تروك ناك .ةاوهل كلفل مالعو يناملأل ينفل ،غىلكيرش ت
مل وأ ةريغصل ةيجذومل تارئاطل تاكرحمل بابوأل حتف امم ،ريغص قاطن ىلع نىب
كى ،ةيجذومل تارئاطل يزاغل نىبروتل تاكرحم ،هفلأ يذل باتكال حرشي . [9] ةرغص
قتسمل ف ةرغصمل تانىبروتل لالطنل ةطقن أشنأ يذل ، 3/64 FD ،كرحمل ىنب ف
زاغ تانىبروت رىوطت ىلى إلفاضإلاب ،تروك نىبروت نىسحت نم نىرخآل نكم اذهو .لب
[10] KJ66 لثم ،هكرحم ىلع ءانب ريغص قاطن ىلع ةديج ةي

2.1.1 ةيزاغل تانىبروتل عاونأ

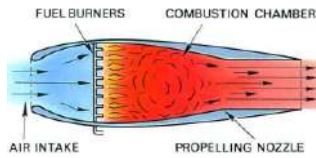
م جاتن هنأ .كرحمل اذهل عىرسلالو لئاهل روطت ةيزاغل تانىبروتل خيرات تالچس رهظت
اهريغو ةيئاوله الكى مانيدل ،الكى نكىملم ،ةرارحل الكى مانيدل لثم ةعونتم تالاجم نم جيز
اجمل اذه مهف دعب طقف .هنىسحت لجأ نم هجو لمكأ ىلع سرڈت لازت ال يتل ،تالاجم نم
اك اذإ ام ىلع ادامتعا ،هميمصت متي مئ ،يزاغل نىبروتل ةدئاف ف ريكفتل متي ،تال
تماق .يوجل لالتقل تالاح ف و ،يوجل لقنل ف و ،ةيئاضف ةمهم ف مدختسىس ن
وحتل ةفلتخم قرطب ةيزاغل تانىبروت ءاشنإب نىينفلالو نىسندنهمالو مالعل نم قرف
ورعمل ،ديدوئال ،خوراصل :ثافنل عفدل تاكرحم لثم ،اهضارغلأ أقفو ،ةقاطل ديوزتو لي
لا كرحمل :ةحورمل تاكرحم و ،ثافنل كرحملو ،يضبئل ثافنل ،تجمارل مساب أضى ف
[8] . نىبروتل دومللو ،ةينىبروتل ةحورمل ،يحورمل نىبروت

اذه بلطتي .نىابتم-باراقتم و باراقتم مداعو نىابتم لخدم نم نوكتي ،2.2 لكشل ،تجمارل
.ةنىابتمل ةانقل ىلى إلاوهل عفد متي ،ةراود ءارجأ دوجو مدع عم .عفدل جاتنإل ماملل ةكرح كرحمل
يوجل فالغل ىلى مداعل مسق ربع تازاغل عراستتس ثيح ،دوقول عم قارتحال ةيلمع اهيلت
[8] .

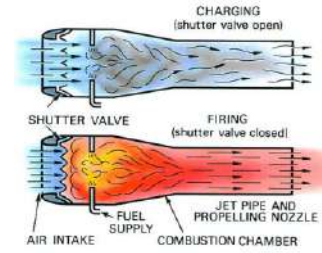
ثافنل ةهباشم ةانق مدختسى ،2.3 لكشل ،يضبئل ثافنل وهو ،رخآ ثافن عفد كرحم
امامصلال خ نم ءاوهل لخدى .ةينعمل ىلى لالطوغلل ببسب ةناتم رثكأ هنكلو ،عوفدملا
-ببستى امم ،دوقول قارتحا متي ثيح ،قارتحال ةفرغ ىلى لرمىو ،لخدملا دنع ةحوتفم ت

درط مٲٲو تامامصلال قلغلٲ؁ طغلضلال عافلرلال ءلٲلن . طغلضلال ءلازل؁ لللالابلو؁ زاعلال ءءمل لل للعللال زاعلال نللبرولب ءنراقمل للواسللمل رلل؁ ءاألل او لللالل ءوقولال كالهللسا نل؁ لللللل نل زاعلال [8] . لارلللال لل مائللسلالل بسانم رلل؁ كرللمل اءل للعل لل

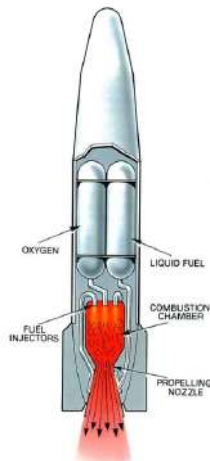
وجلل ءاولل نل نلللسلالل مائللسا مءلبل رلللالل لاكلرللمل نل؁ 2.4 لكاللل؁ ءوراصلال كرللمل زامل لل نلللسلالل عمائلالل ملل؁ هللللللل مٲل؁ ءءلم ءوقو مءللسل؁ كالل نل ءلبل؁ قارللالل لل [8] .



[8] لكالل 2.2: لكاللل

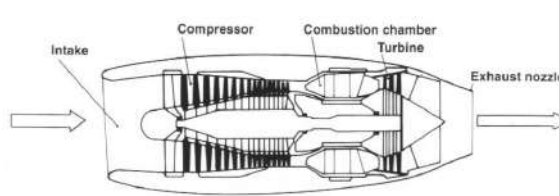


[8] لكالل 2.3: لكاللل



[8] لل ءوراصلال كرللمل 2.4: لكاللل

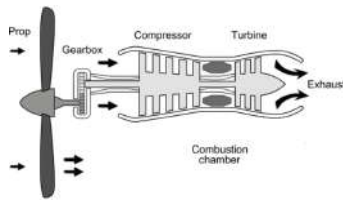
برولب؁ قارللال ءلل؁ طغلضلال نللل؁ طاقال؁ 2.5 لكاللل لل ءلضومل؁ للللبرولبال ربللل الل طلم عم لللوجللب ءفاضلمل مءلال ءلوف موقلس . مءال ءلوفو لءلم عم؁ زاعلال ءلوم للسل؁ نلل ءلرس لل ءاولل قءل ءل



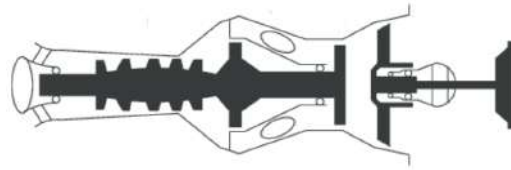
[6] للللبرولب 2.5: لكاللل

كرللمل لل ءلوجللمل لاكلرللمل او؁ عءلل ءورمل؁ ءللللمل ءلأل للللبرولبال/ءلورلمل ءلومل عم لل للمل ءلللل لل للللبرولبال للللل او نل؁ 2.6 لكاللل لل ءلضوم وه امك؁ لللورم للللبرولبال الل لل ءلضوم وه امك؁ للللبرولبال ءوملل؁ هابللم كرللمل لل . لملل ءلورلمل لللوجللو طغلضلال لملل لابل لللللللل لللللل للللبرولبال موقللسو طغلضلال لللللللل للللبرولبال موقلل؁ 2.7 لكاللل

ةي حورم الارفش رودي يذل ةكرال لقن ماظنب لصتم ،هرودب يذل ،دومعلا [6].

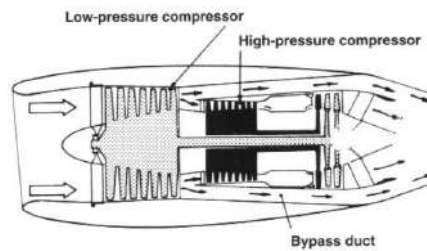


[11] ةينيبروت ةحورم :2.6 لكشلا



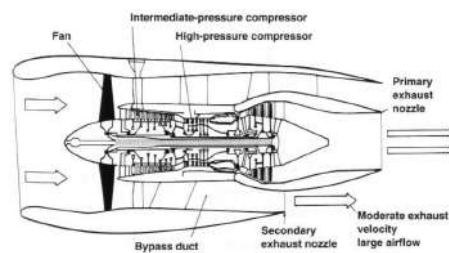
[12] يينيبروت دومع :2.7 لكشلا

مي شي ح ،نينيبروت ىلع أضيأ يوتحت ،2.8 لكشلا يف ةحضوملا ،ةينيبروتال ةحورملا تل دومعلل دئازلا لمعل رخال مدختسي امنيب ،نخاسلا ءاوهلا قفدت نم ةقاطلا امه دحأ صت نينيبروتال ةحورملا ب ةنراقم لقأ عفءافك اهيدل .ةحورم وهو ،طغضلا ضفخنم طغاض ليغش مت ،ىلعال تاعرسلا دنع ،كلذ عمو .لقأ تاعرسو ناريطلا ةعرس سفنب نالمت ام دنع ،ةي لع مدختست ةينيبروتال ةحورملا لثم تاكرحملا تادب .ةزيمب ةينيبروتال ةحورملا عت تلا كرحملا ب ةنراقم ةيلاعلا عفءافك ميقي ببسب مدختست لانت الو عساو قاطن ى [6] . زواجتملا ءاوهلا قفدت ببسب ميقي ل هذه رسفتو .ينيبرو



[6] ةينيبروت ةحورم :2.8 لكشلا

لاع زواجت ةبسنو ةضفخنم زواجت ةبسن ،نوعونب زواجتملا ءاوهلا قفدت تاكرحم زيومت ذلا ءاوهلل ةبسنلاب اهزواجت متي يتي ال ءاوهلا ةيمي ىل زواجتملا ةبسن ريشت شي ح ،ةي بروتال او طغضلا ضفخنم طغاضو يلاع طغاض نم كرحملا نوكتي .كرحملا بلق ربع رمي ي اوب ءاوهلا بحس متي .نيلخادتم ني دومع ةطساوب اهليغشت متي يتي ال ،ةقباطملا تاني هي جوت متي .ني قفدت ىل ءاوهلا مسقتسي يتي ال ،ةحورملا ،طغضلا ضفخنم طغاضلا ةطس ني قفدت جمد متي شي ح ،قارتحالل ريغص عزج بهذو كرحملا بلق بناوج ربع ءاوهلا مظعم دلا تا ذةق باسلا تاكرحملا ب ةنراقم لقأ دوقو كالهتسا ينعني اذهو .مداعلا مسقي ف ءاوهلا را ىلعال تالحرلا يف ةءافكب لمعلاب كرحملا لحمسي امم ،اي جولونكتال هذه نود لثامملا عف لا ةبسن تاكرحم ،صاخ لكشبو ،اي جولونكتال هذيل دئاسلا مادختسالا .ةيلاع تاعافت ال رربم ىدملا ةديعب ةيركسعلا ماملا ويندملا ناريطلا عفءال ةمظنأ يف ،ةيلاعلا زواجت حم ىلعال لاثم حيضوت متي . [6] ءادال ريياعم مهأ ربتعي يذل ،ضفخنملا دوقولا كالهتس 2.9 لكشلا يف زواجتملا يلاع كر



[6] RB 211 سيور زلور ،زواجتملا يلاع كرحم :2.9 لكشلا

دؤي امم .زواجتم ءاوه قفدت ىلع يوتحي ال هنأ ينعي امم ،طسبأ ةيني بروت ءحورم وه يني بروتال رس ىل لصت نأ تاكرحلم هذه نكمي .ءعرسلاب كلذ ضوعي هنأ نم مغلرلا ىلع ،لقأ ءافك ىل ي [6] . ةيركسعال تارئاطلا يف اهم ادختسال بابسألا دحأ دعي امم ،ةيتوص قوف تاع

2.2 ةرودل ءعجارم

ا الكيمانيدل تارود لوح ءعساوو ءفيثك تامولعم ىلع اهتءعجارم متي تال تايبدأل يوتحت لل .قيمعو عسوم لي لحت بنجتل طقف صخلم مي دقت متيس ،كلذل .اهصائصو ءيرارحل يزاغل تاني بروتالو ،ءيرارحل الكيمانيدل تارود لوح ءل صفت رثكأ تامولعم ىلع لوصح ديزم ىلع روثعل نكمي ثيح ،ةيلاتل بتكل ءرايزب ئراقلا فلؤملي صوي ،ةلباقلم ء سلوبو .أسنوي ،لجنيشتل يسدنه جهن :ءيرارحل الكيمانيدل بتكل يف تامولعمل نم ،.يس جروج ،ستوأل خيراصل عفدو ءيزاغل تاني بروتلل ءئاوله الكيمانيدل او .أ لكيام ، ىرخأل تايبدأل له اءت متي مل ،كلذ عمو .يلاوتل ىلع ،2 لصف او 7.4 ، 5.3 لصف

ا ءيكيمانيدل ءرودل اهيلت ،يزاغل تاني بروتلل ءماعل ءفيظول مي دقت متيس ،راصتخاب رع متي ،كلذ دعب .يني بروتال تانوكمل يلاثللم كولسلال لي لحت عم ءئلاثللم ءيرارحل يني بروت كرحم ءرود لي لحت ءيبلتل ثافنل كرحلم ءادأ تالءاعم ض

2.2.1 لمعل ءرود

ا ءرود آحضوم ،ثافن عفد ماظنب كرحم لمع ءفيثك حرش ىل لمعل ءرودل يءرفل لصفل فدهي .اهب ءقل ءتمل صائصال عم هب ءصاخل ءيرارحل الكيمانيدل

اط ربع طغضل ءدايز يف هتمهم لثمتت يذل ،طغضلا ىل ءاوله لخدم نم لمعل ءرود أدبت فدت مء ىلع لي لقتلل لباق لكشب طغضل ءدايز رثؤت . [6] ءيكينالكيمل دومعل ءق ءفرغ ىل طوغضلم ءاوله ءيرفت متي . [8] ءاوله ءراح ءجرد ءفر ىل ءل ءل ي دؤي امم ،ءاوله ق ءا ءا نأ .أء ءل ءل مي ىل ءرارحل ءجرد ءفري امم ،هقرو ءوقول ءفاضل متي ثيح ،قارءال ق ،قارءال ءفرغل ءوتفم لكيل ببسب ،ءرارحل ءجرد ديزت امك ،مءلل ديزي ،زاغل قارء م ىل ءل تائيءلل ءقاطل ءل ءل قارءال ءل لمع ءفرت . [8] آتباث طغضلا ىلع طفاحي امم اوب لءل لكشب اهل ءل ءسامل متيل ءقاطل نم ءزالل ءل مكي امم ،ءل ءل تايوتس وءم ،نارودل يني بروتال أدبي ،زاغل نم ءرءءسمل لمعل ءءيتن . [6] نيني بروتال طس دل ءل ءل هء ربءءس .ءل ءل لءل نم ءيكينالكيم ءقاط ىل ءل زاغل ءقاط ضئاف ءل اوب هل قن متي يذل او ،نيني بروتال نم مءقم لمعل ببسب نارودل ىلع طغضلا ءل ءع ءراو صقائت ،ءل ءل هء يف . [6] ءل ءل نم رءال فرطل يني ،طغضلا ىل ءل دومعل نارود طس رمل ىل ءل زاغل قفدت لصي ،أريء .مءلل ديزي امني ب ،ءرارحل ءل ءرءو طغضلا ،زاغل تاريءتم ءل ءل امم ،ءل ءل تاعرسب ءئيبل ىل ءل زاغل ءرط متي ثيح ،مءال ءهوف ءن ،ءئيءال ءل ءل [8] عفدل هنع

اهب ظافءال ببءي كرحلم ءرود يف ءيسيئر تالءال ءالءل ءل

- ءرء يف ءافءراو مءل يني نم ءزم ضافءال عم ءاوله طغض يف ءدايز ءءءي ،طغضلا ءل لمع يف . [8] ءرارحل ء

- [8] مءل ءل ءل ءل ءل ببسب ،ءرارحل ءل ءرء يف ءدايز ءءءي ،قارءال يني .

ألا ي عابر سبكم كرحم ي ف لمعال ةرودب ،ماع لكشب ،زاغال نيبروت ي ف لمعال ةرود نراقوت هتروود ني كرحملا الك أدبي .كرحم لكلك ةلثامملا عبالا ل حارملا رابتعالا ي ف ذخال عم طاوش ارم عي مج ذفنت ،كلذ عمو .عسوتال او ،قارتحال ،طغضال ةل حرم اهيلت ،لاخذت سال ةل حرم ام ولل نوكم لك ني عت متي ،ثافنل كرحملا ي ف امن ي ب ،ةناو طسأ لخاد سبكملا كرحم لح دحي ،كلذ يلع ةوالع .عطقتملا لمعال نم الل دب ،رمتسم لمع يلى يدؤي امم ،ةلباقملا ةفيظ ممت ثيح ،سبكملا كرحم سكع يلع ،تبات طغض دنع ثافنل كرحملا ي ف قارتحال ثاواه لتك لي غشت يلع رداق ثافنل كرحملا نإف ،كلذل .ةقلم ةحاسم ي ف قارتحال ةي لمع يلى ،تازاغال جرت ،مداعال ةل حرم ،ةيئاهنل ةل حرملا ي ف .نزول ةفي ف تانوكمب ةري بك لال .كرحملا اذهل ةي ساسأ عفد ةوق دلوي امم ،ةهوفلا نم ،نيبروتال ةطساوب اهعيسوت مت اب . [6] ةري بكلا تاري ثأتل سفن كملت ال سبكملا كرحم ي ف مداعال تازاغال نإف ،لباقم ابو ،ةطشن ريغ تابرض ثال زاغال نيبروت كرحم لي زي ،ةروكذملا تافالتخال يلى ل رظنل ينيبروتال كرحملا نأل ارظن .رصقأ ةي نمز ةرتف ي ف دوقولا نم ديزملا قرح نكمي ،يلاتل دحي ،يلالاتل ابو ،قارتحال ةفرغ ةراح ةجرد تدازامل ك ،دوقولا نم ديزملا قرح عم ،يرارح كرحم وه ني عم مجحل ةقاطل نم ربكأ ةي مك جاتنإ متي ،كلذ يلع ةوالع .تازاغال ي ف ري بك عسوت ثا ي قثو أ دج أري بك نوكي نأ ني عت يسي ،ةقاطل ةي مك سفن سبكملا كرحم دلوي ي كل . [8] [6] . أري بك أي دحت عي نصتال نوكي سو ،أل

حل ادي عي امم ،ةطي حملا فورظلا يلع هعي زوت أجي ردت متي س ،ةهوفلا نم زاغال غي رفت متي امدنع رظ يلى أضيأ دوعت ةل احال تاري غتملا نأ ني عت ةي لصالا هتلاح يلى زاغال ةدوع نإ .هل ةي لصالا ةل عت يلى ةي لمعال عم جت نأ بجي .سكعلل ةلباق ةي لمع مسا هيلع قلطي ام وهو ،ةي لصالا اهفو اح ةداعتسا ناكما لال اب ناك اذا .ةي جراخال سكعل او ةي لخال ةي لباقلا ني ب سكعلل ةلباق ربت دو طغضال تاجردت اه ي ف نوكت ةي لمعل ماطنل ضرعتي امن ي ب ،يسكع لسلس ي ف زاغال تال ي كل ،هسفن تقولا ي ف .أي لخال سكعلل ةلباق انأب فرغت ةي لمعال نإف ،ةليئض ةرارحل ةجر لمعال بحاصت يلى ةي وجل تاري غتال نوكت نأ بجي ،أي جراخ سكعلل ةلباق ةي لمعال ربت عت حت ليحتسملا نم سكعلل ةلباقلا ةي لمعال نإف ،كلذ عمو .لسلس ي ف سكعلل ةلباق ةي انال ةعرسلاو طغضال ةرارحل ةجرد تاجردت لثم ،سكعلل ةلباقلا ريغ لماعال ببسب اه ي ق مغرلا يلع .ماظنل يلع قبطملا لمعال او ،يئاي ميكلال لعافتلاو ،كالك تحال او ،ةرارحل لقن نع ةجت يعمك مدختست سكعلل ةلباقلا ةي لمعال نإف ،سكعلل ةي قيقحل تاي لمعال ةي لباق مدع نم تشا ني كمت نع اللضف ،رئاسخال رابتعالا ي ف ذخال عم ةي قيقحل تاي لمعال حاجن ري دقتل را ي . [13] عقالو ري دقتل ةي رارحل ةي كي ماني دل تاقالعال قاق

2.2.2 ةي رارحل الكي ماني دل ةرود

2.2.2.1 ةي رظن ميهافم

الك ي ماني دل ةرود ءارو صئاصخالو طورشل مهفل ،اهي لع فرعتال بجي ميهافم أضيأ ضرعت نيبروت كرحم ،صاخ لكشبو ،ةي زاغال تانيبروتال عي مج لمشت يلى ةي لثال م ةي رارحل ي .

- تباتال قفدتال عي عم

رظلا بي رقت متي ثيح ،رمتسملا لمعلل ،ماع لكشب ،ةي زاغال تانيبروتال ي نبوت سوت ،تقولا رورم عم فورظلا سفن تحت لمعت انأ صارتفاب .اهي لع لمعت يلى فو يه امك ي قبت لئلاوسال صئاصخ نأ ني عي اذهو .تباتال قفدتال ةي لمع ةي لمعال يم اصئاصخ ري غتت نأ نكمي ،مكحتال مجح ي ف قفدتال ءانثأ .اهل مكأب ةي لمعال لاوط نم ،يه امك ي قبت نكلو ةفل تخم ةتبات طاقن نم لئلاوسل

دعم نإف، مكحتلتا مچج رابتعا دنع هنا على صني ثيح، ةلكتلا ظفح أدبم قيبطت متي
وأقدايز دوجو مدعل أرطن. [14] ج راخلا لي لكلا ةلكتلا لدعم يواسي لخادلا لي لكلا ةلكتلا ل
لإ قيلمعل ةيادب نم أيواستم لظي، m ، ةلكتلا قفدت لدعم نإف، ةلكتلا في ناصقن
لكلشلاب نعر يربعتلتا متي. [14] اهتياهن ي

ي، لاوت الی ع 2 و 1، جرخم لاو لخدم الالاح لی لإقراش لإ عم، دحاو دحوم قفدت ل هرابت عا دن ع
، ءلت كك ال نازی م حبب صی

أي. عطقم الة حاسم او ، قفدت الة عرس ، ةفاثك ال ، A و V ، لثمت ثي ح

$$\dot{E}_{in} = \dot{E}_{out} \quad [14] \quad (2.3)$$
$$Q_{in} + W_{in} + \sum_{in} \dot{m}\theta = Q_{out} + W_{out} + \sum_{out} \dot{m}\theta \quad [14] \quad (2.4)$$
$$\theta = h + ke + pe \quad [14] \quad (2.5)$$

تاتنن للمعمل او، ةرارحل لخدم، ماطنن الى لإ ةرارحل قن انأ لمعمل او ةرارحل تالعات فرتت
ل او ةكرحل ةقاطل ي ف تاريغت دوجو مدع الى رظنلاب. [14] لمعمل جرخم، ماطنن ن ع ج
، قق رطب ةقاطل نازم ن ع ريبعتل متي، ن مكال ةقاط

$$Q - W = h_2 - h_1 \quad [14] \quad (2.6)$$

- دوكرل صئاصخ

يكشتمل لئلاوسل عقاطو ةيلخادل عقاطل عمج داتعمل نم ،مكحتل ماچحأ ليلحت ي متي ،تالاحل مطعم ي ف. h ،ددحمل يبلانلإل وهو ،لعفلاب هيل راشي دحاو ريغتم ل ةيلكل عقاطل هأب يبلانلإل فرعي امم ،ةمكل عقاطل ةيلكرجل عقاطل ل هاجت يوحت أمومع بسانم نم هإف ،ةيلكرجل عقاطل ل هاجت متي ال امدنع ،كلذ عمو .لئاسل ل لانل هأب فرعي دحاو حلطصم ي ف اجمدو ،لئاسل يبلانلإل ل ةيلكرجل عقاطل ل [14] 2.7 ةلداعلم ي ف حضوم وه امك ،ددحمل يبلانلإل وأ دوكرل ي ب

$$h_o = h + \frac{V^2}{2} \quad [14] \quad (2.7)$$

و h ،دوكرل يبلانلإل و نكاسل يبلانلإل ،نيعونب يبلانلإل زيي متي 2.7 ةلداعلم ي ف .يلاوتل لىل h_0

هذه فرغت .طغضل او ةرارجل ةجرد دادزت ،يبلانلإل ل ةيلكرجل عقاطل ليوحتل ةجيتن نإل .يبلورت نإل ريغ دوكرل صئاصخ وأ دوكرل صئاصخ هأب ةلئاسل صئاصخل اسفن امه ،ةيلعفل ةلاحل او ،يبلورت نإل ريغ دوكرل ةلاحل دوكرل ةرارح ةجردو يبلانل صنع دوكرل ليلعفل طغضل فلتيخي .أليلاثم أزاغ لئاسل نوكل نأ طرشب ،ءيشل [14] .لئاسل لكاتحا ببسب عفترت ايبلورت نإل نأل يبلورت نإل ريغ دوكرل طغ و نل ةرارجل برضب يبلانلإل لادبتسا نكمي ،يلاثم زاغ وه لئاسل نأ ضارثفاب 2.9 ةلداعلم ي ف حضوم وه امك ،ةرارجل ةجرد ي ف ةتباتل ةيع

$$c_p T_o = c_p T + \frac{V^2}{2} \quad [14] \quad (2.8)$$

حبصت نأ

$$T_o = T + \frac{V^2}{2c_p} \quad [14] \quad (2.9)$$

صبي تي ةرارجل ةجرد ،ىرخأ ةرابعب ،ةيلكل وأ ةنكاسل ةرارجل ةجرد لىل ريشت T_0 شي ح لطمم لثميو ،ةيلكيابيدأ ةيلمع ي ف هفاقي متي امدنع يلاثم ل زاغل اهيل ل $\frac{V^2}{2c_p}$ [14] .ةيلمياني دل ةرارجل ةجرد مساب ةفورعلم ةيلعمل ل اوط ةرارجل ةجرد ةدايز

2.10 ةلداعلم ي ف طغضل او ةرارجل ةجرد نيب ةقالعل رهظت

$$\frac{P_0}{P} = \frac{T_0}{T}^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad [14] \quad (2.10)$$

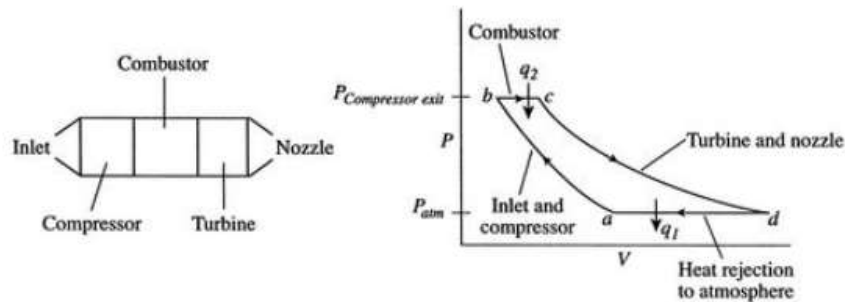
ةيعونل ةرارجل ةبسنو نوكلسل طغض امهيل قلطي ، γ و P_0 ،شيح

2.2.2.2 نوتيرب ةرود

انوكملاب ةدوزمل ةي زاغل تان يبروتل اعمجي ف ةدوجوم ،ةيلاثم ،ةيرارح الكي ماني د ةرود اهنإ نيعون لىل ةرودل مسقنت . [15] ن يبروتل او قارتحال ةفرغ ،طغاضل لثم ،ةيساسل ات ةيوجل فورظل ي ف ،ءاوهل نم لىل وأل ةرودل نوكتت .ةقلغم ةرودو ةحوتفم ةرو

The diagram illustrates the components and flow of a gas turbine engine. Fuel enters the combustion chamber from the top left. Fresh air enters the compressor from the bottom left. The air is then compressed and enters the combustion chamber at point 2. The combustion chamber is connected to the turbine, which is driven by the combustion process. The turbine is connected to the compressor via a shaft, indicated by a curved arrow. The exhaust gases exit the turbine at point 4. The net work output, W_{net} , is shown as a red arrow pointing to the right.

ارودل انم دات علم اعونل ايهو ، ءحوتفم نوتيرب ءرود عم ينيرب روتل اكرحم لمع ءرود قفاوتت رب ءرود عم ثافنل عفدل زاآ تانوكم 2.12 لكشل اءصوي . [14] ءي زاآل تانيرب روتل ل ءةلب اقم نوتيرب .



- [16] لكي يورثن إريغ ليلي مع في ، طغاضل او لخدمل دنغ طغضال :ب-أ .
- [16] . تباث طغض دنغ دوقولوا قارتحا :ج-ب .
- قرارحلا ةجردو طغضال يفي ضافخنا عم مجحلا عف تري ، عسوتال ليلي مع في :د-ج .

[16] .

- [16] . تباث طغض دنغ ءاولهلا ديربت .

2.2.2.3 ةرودلا كولس ليلحت

ا دوقولا كالهتسا وأ عفدل لثم اءاأل رييعامل تاريقت ىلع لوصحلل ةيملع وه ةرودلا ليلحت هاندأ حضوم وه امك ،ميمصتلا تافصاومو طورشلل ضعب ضارثفا دعب اهباسح متي ،يعونل [17] .

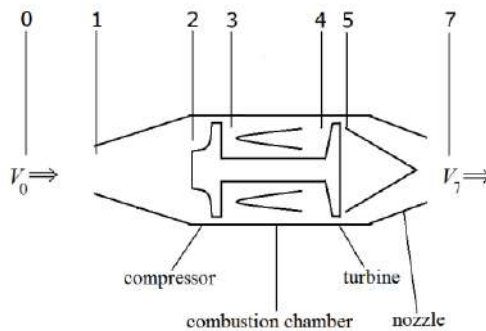
طورشلا

- ةتبات ةيعون ةرارح ةبسنو ةتبات ةرارح ةعسب ألالثم أزاغ ربتعي لماعل لئاسلا [17] .
- [17] يبورت نزيإ عسوت/طغض .
- [17] دوقولا ةلتكو قارثحالل ةرارحلل يجرخال ردصملا لهاجت مت .

ميمصت

- [17] ةرارحلل ةجرد ميقو يوج طغض .
- [17] طغضل ةبسن .
- [17] لخدملا خام مقر .

لإ ةراشإل عم ،تانوكملل يلعفل او يلالثملا كولسل ميقوت متي ،يعرفل مسقل اذه يف اهيلإ ةراشإل ليهستل مقرب تاطحمل زيمي متي س .ةطحم لكل طغضل او ةرارحلل ةجرد ى حلملل يف يلعفلل يني بروتلا ةرود ليلحت ميقوت متي .2.13 لكشلل يف حضوم وه امك دق .



[16] يني بروتلا ةطحم ميقوت :2.13 لكشل

تاطحملل فصو

- رح رايت : 0
- لخدم : 1
- طغاضل لخدم : 2
- طغاضل جرخم : 3
- ني بروتل لخدم : 4
- ني بروتل جرخم : 5
- ةهوفل لخدم : 6
- ةهوفل جرخم : 7

يلاثم الم تانوك الم كولس لي لحت

- لخدم (i)

تسالا لعجيس اذه. يبورتنإ ريغ هنأ ربتغى، لخدم ربع ءاوهل قفدتى امندن، ةيلاثم لالجال في ضوم لخدم لي للاثم كولس لصلت يتل بسننل، يبلاتنإل في تباتل عم لىلعم وهو، ءارق [19]، 2.12 ةلداعمل او 2.11 ةلداعمل في ءح

$$\pi_i = \frac{\text{Pressure at Inlet Entry}}{\text{Free stream Air Pressure}} = \frac{P_{02}}{P_{0r}} = 1 \quad [19] \quad (2.11)$$

$$\tau_i = \frac{\text{Temperature at Inlet Entry}}{\text{Free Stream Air Temperature}} = \frac{T_{02}}{T_{0r}} = 1 \quad [19] \quad (2.12)$$

- طغاض (c)

يئيس، يلاتلابو، لعم لكش لىل قفدتى لىل إقاط طغاضل فيضيس، ةلحرمل هذه في [20] هاندأ ءضوم طغاضل لعم نع ربت يتل 2.13 ةلداعمل، طغاضل ءرارل ءرد نم د

$$W_c = \dot{m}_a c_p (T_{03} - T_{02}) \quad [20] \quad (2.13)$$

لاو ءرارل ءرد نيب ءقالعل اءءتساب طغاضل ءرءم دن ءرارل ءرد لىل لوصل نكمي 2.14 ةلداعمل في ءءوءم طغض

$$\tau_c = \pi_c^{\frac{\gamma_c - 1}{\gamma_c}} \quad [20] \quad (2.14)$$

2.16 ةلداعمل، ءرارل ءسنو 2.15 ةلداعمل، طغضل ءسن هءوك

$$\pi_c = \frac{\text{Pressure at Compressor Exit}}{\text{Pressure at Compressor Entry}} = \frac{P_{03}}{P_{02}} \quad [20] \quad (2.15)$$

$$\tau_c = \frac{\text{Temperature at Compressor Exit}}{\text{Temperature at Compressor Entry}} = \frac{T_{03}}{T_{02}} \quad [20] \quad (2.16)$$

- قءءمءءءوم (ب)

تبات طغض دن قارئال ءىلعم ذىفنت مءى، لمل ءروء في آقباس ءرء مء امك، ل، ءرارل ءسنو، 2.17 ةلداعمل، طغضل ءسن نوك، ءيلاثم لالجال في يذل او، يه 2.18 ةلداع

$$\pi_b = \frac{\text{Pressure at Turbine Entry}}{\text{Pressure at Compressor Exit}} = \frac{P_{04}}{P_{03}} \quad [21] \quad (2.17)$$

$$\tau_b = \frac{\text{Temperature at Turbine Entry}}{\text{Temperature at Compressor Exit}} = \frac{T_{04}}{T_{03}} \quad [21] \quad (2.18)$$

نإف، يلاتلابو، لمك قارتحا عم، تباث طغضو ةيكي تابي دأ ةيلمع هذه نأ بري كذت
ماعم جتان وه يبلان إلإ نإف، كذل ذى إلإ ةفاض إلإ اب. دحاو يواست، η_b ، قارتحال ةءافك
يه 2.19 ةقاطلا ةلداعم نإف، كذل ذى [21] ةراح ةجردو تباث طغض دنع ةيغونل ةارحلال

$$(1 + f)c_{pt}T_{04} = c_{pc}T_{03} + fFHV \quad [21] \quad (2.19)$$

مادختساب، ءاولا إلإ دوقولا ةبسنو دوقولا نيخست ةميقي إلإ f و FHV ريشت ثيح
2.20 ةلداعملا، ةارحلال ةبسنب اهطبر نكمي، 2.19 ةلداعملا

$$\tau_b = \frac{T_{04}}{T_{03}} = \frac{1 + fFHV/c_p T_{03}}{1 + f} \quad [21] \quad (2.20)$$

ثيح،

$$f = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_a} \quad [22] \quad (2.21)$$

- نيبروت (t)

رارحلال ةجرد ي ف ضافخناو طغضل نيبروتل ربع رمي يذل نخسمل قفدتال صرعتي
لا ي ف. لمع قي قحتل لّغملا قفدتال، أقباس هحرش مت امك، نيبروتل لغتسي. ة.
ءاولا قفدت نم ةلتك لكل نيبروتل لمع حيضوت متي، 2.22 ةلداعملا

$$\Delta W_m = c_{pt}T_{04}(1 - \tau_t) \quad [17] \quad (2.22)$$

اتلابو. يبورتنإ ريغ ةيلمع عسوتال ةلجرم ربتعت، ةيلاثم ةرودل رابتعا ةلاحي في
اطلا نم ضئافل لمالكلا مادختسال لعجي امم، رئاسخي أ نم نيبروتل يناعي ال، ي
و نكمي. [17] دحاو يواست ةءافك ةميقي إلإ ي دؤي امم، قارتحال ةلجرم نع ةجتانل ةق
ا ي ف حضوم وه امك نيبروتل طغضل ةبسنو ةارحلال ةجرد ةبسن ني ب ةقالعال فص
2.23 ةلداعملا.

$$\tau_t = \pi_t^{\frac{\gamma_t}{\gamma_t - 1}} \quad [23] \quad (2.23)$$

نيأ،

$$\pi_t = \frac{\text{Pressure at Turbine Exit}}{\text{Pressure at Turbine Entry}} = \frac{P_{05}}{P_{04}} \quad [23] \quad (2.24)$$

And,

$$\tau_t = \frac{\text{Temperature at Turbine Exit}}{\text{Temperature at Turbine Entry}} = \frac{T_{05}}{T_{04}} \quad [21] \quad (2.25)$$

- (مسا) ةهوف

ربع رورملا ءانثأ، يبورتنإ ريغ قفدتال نأ ي، يواستم لخدملا كولسب ةنراقم ةهوفلا كولس
نإف، طورشل هذه رفوت عم. [17] ةدحمل ةلجرملا

ريغص يني بروت كرحم عي نصتو مي مصت

يه هوفلل، 2.26. دل داعم، ةرارحل ا جردو يلكل طغضل

$$\pi_n = \frac{P_{07}}{P_{05}} = \tau_n = \left(\frac{T_{07}}{T_{05}} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = 1 \quad [24] \quad (2.26)$$

ةثافلل ةرئاطل كرحم ءادأ

لاثم ويراني س ي ف ثافلل يني بروتل ءادأ مي يقيقتل ةي سيئرل ري بادتلا ءزجل اذه نمضتي ثافلل يني بروتل جرخم دن ع طغضل ا نف، ةرودل لوط لىل عايرارح ي لاثم زاغل ا نأ ضارتفاب ي . [17] دحاولا نم ري ثكب لقا ءاوهل لىل دوقول ةبسن ا لىل ةفاضل ا اب، طيحمل طغضل لداعي

$$\tau_r = 1 + \frac{\gamma - 1}{2} M_0 = \frac{T_{0r}}{T_r} \quad [17] \quad (2.27)$$

$$\pi_r = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M_0 \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = \frac{P_{0r}}{P_r} \quad [17] \quad (2.28)$$

ملا يني بروتل لخدم نو كس ةرارح ةجرد صقأب قلعتي امي ف مي مصتل دي يقيقت ءاشل ا نم، كلذ عمو [17] 2. 29. دل داعم ي ف ددحمل حل طصملا ءا ا نه نمو، اهب حومس

$$\tau_\lambda \equiv \frac{c_{pt} T_{04}}{c_{pc} T_{0r}} \quad [17] \quad (2.29)$$

2.31. دل داعم، $\left(\frac{F}{\dot{m}} \right)$ ددحمل عفدل او، 2.30. دل داعم، (F) عفدل لىل لوصحل نآل ا نكمي

$$F = \dot{m}(V_7 - V_0) \quad [17] \quad (2.30)$$

$$\frac{F}{\dot{m}} = a_0 \left(\left[\frac{2\tau_r}{\gamma - 1} \left(\frac{\tau_\lambda}{\tau_r \tau_c} - 1 \right) (\tau_c - 1) + \frac{\tau_\lambda}{\tau_r \tau_c} M_0^2 \right]^{\frac{1}{2}} - M_0 \right) \quad [17] \quad (2.31)$$

2.32. دل داعم ي ف توصل ةعرس لىل روثعل متي ثي ح

$$a = \sqrt{\gamma R T} \quad [17] \quad (2.32)$$

2.33. دل داعم لال خ نم S ، يعونل دوقول كالهتسا لىل لوصحل نكمي، أريخأ

$$S = \frac{f}{\dot{m}} \quad [17] \quad (2.33)$$

ي ل عفلا تانوكملا كولس لي لحت

كرحملا ءادأ تانوكملا لي لحتل تالداعم، ي ل عفلا وأ، ةي لاثملا ريغ ةرودل لي لحت مدقي تعال ا ني عب ذخؤت ي تل ةدي حولا تاعرسل ا. زاغل دلوم ءا ح نأ عي ج ي ف زاغل ا تاعرسل ا لاهاجم ريغ تانوكملا ربتعت، كلذ لىل ةفاضل ا اب. مداعل هوفو، ءاوهل لخدمو، لخدملا دن ع يه راب لل ةي بورت نزي ل ا تاءافل ا ضارتفا متي، كلذل. ةي كي تابي دأ اهنكلو، سكعلل ةلباق [11]. ةهوفل او، يني بروتل او، طغضلال او، لخدم

• لخدم

يلكل طغضلا يف ضافخنا ثدحي ،طغاضلا لىلإ ءاوهلا هي جوت متي امدنع ،لخدملا دنع
زت ،كلذل ةجيتنو .لخدملا ءانثأ كاكثحال ببسب اذه ثدحي .رحلا رايثلا طغض نم
لخدملا ءافكب ددحتت يتلاو ،ةيلاثملا ءلال نم لىلأ نوكتل ءارحلا ءجرد داد
ي شيح ،لخدملا دنع ءارحلا ءجردو طغضلا بسحت ،هاندأ ءمدقملا 2.35 و 2.34 تالءاملا
[11] . ءيلاثملا ءرودلا يف امك جرخملا ءارح ءجرد باسح مت

$$P_{02} = P_{0r} \left(1 + \eta_i \frac{\gamma_c - 1}{2} M_r^2 \right)^{\frac{\gamma_c}{\gamma_c - 1}} \quad [11] \quad (2.34)$$

$$T_{02} = T_{0r} \left(1 + \frac{\gamma_c - 1}{2} M_r^2 \right) \quad [11] \quad (2.35)$$

،يه 2.36 ءلءاملا ،طغضلا ءبسن

$$\pi_i = \frac{P_{02}}{P_{0r}} \quad [11] \quad (2.36)$$

• طغاض

إف ،يلاثلا ابو .ةيسكع ريغ ءيكي تابتا بىءأ ءيلىم يف طغضلا ثدحي ،ءلحرملا هذه يف
نإف ،ةيلعف ءرود هذه نأل أرظن . [11] η_c ،يبورت نإل ريغ طغاضلا ءافكب طابترالان
ءلاو ،بارطضالاو ،كاكثحال ببسب قي رطلال لوط لىلأ نادقفل ضرعتي ءاوهلا طغض
رم ءافترالا اذه .ءارحلا ءجرد ءافترا ببسبي سامم ،ىرخألا ءيئاوملا ريغ لمءوعلا نم بدي
ا ءجردو ،2.37 ءلءاملا ،طغضلا ،جورخل طورش نإف ،اذل . [11] η_c ،طغضلا ءافكب طبت
،يه طغاضلا جرخم دنع ،2.38 ءلءاملا ،ءارحل

$$P_{03} = P_{02} \pi_c \quad [11] \quad (2.37)$$

$$T_{03} = T_{02} \left[1 + \frac{\pi_c^{\frac{\gamma_c - 1}{\gamma_c}} - 1}{\eta_c} \right] \quad [11] \quad (2.38)$$

• دقوم

وتلا ،لالملا لىبس لىلأ ،لاءف ريغ قارثحان ءجرتان رىئاسخ كانه ،قارثحال ءانثأ
جيتنو . [11] η^b ،دقوملا ءافك لاءلأ لىلأ نم اءباسثحان متي يتلاو ،ءاعشإلاو ،لىص
،وه ،2.39 ءلءاملا ،دقوملا جرخم دنع طغضلا نإف ،كلذل ءة

$$P_{04} = P_{03} (1 - \Delta P_{cc} \%) \quad [11] \quad (2.39)$$

اسح نكمي ،كلذل .ةيءاملا ءويقلل أمارثحان أقبسم نيبروتلا جرخم ءارح ءجرد بدي دحت مت
،ءطساوب 2.40 ءلءاملا ،ءاوهلا لىلأ ءوقولا ءبسن ب

$$f = \frac{c_{pt}T_{04} - c_{pc}T_{03}}{\eta_b FHV - c_{pt}T_{04}} \quad [11] \quad (2.40)$$

- نيبروت

لا ةي لمعمل ا يف هيلع يه امم لقاً نيبروت ال نم ةحاتم ال ةقاطل نوكت ، ةي لمعمل هذه يف بع ل وحتت شي ح ، عسوتل اب ةطبترم نيبروت ال ةءافك نإف ، يلاتلابو . ةيلاثم ىلإ ، 2.41 ةلداعم ال ، نيبروت ال طغض ةبس ن ري

$$\pi_t = \left(1 - \frac{(c_{pc}/c_{pt})T_{02}}{\lambda(1+f)\eta_c\eta_t T_{04}} \left[\left(\frac{P_{03}}{P_{02}} \right)^{\frac{\gamma_c-1}{\gamma_c}} - 1 \right] \right)^{\frac{\gamma_t}{\gamma_t-1}} \quad [11] \quad (2.41)$$

اتم ال ةقاطل او ، طغاض ال ليغشتل ةبولطم ال ةقاطل ني ب ةبس نل لثمت λ ، شي ح [11] . 85% o ىلإ 75% m نم ةم لعم ال هذه مي ق حوارتت . نيبروت ال اءلوي يت ال ةح

جورخ ال ةراح ةجرد ىل ع لوصحل ل ، 2.42 ةلداعم اب ةريخأ ال ةلداعم ال طبر نكمي [11] .

$$\frac{P_{05}}{P_{04}} = \left[1 - \frac{1}{\eta_t} \left(1 - \frac{T_{05}}{T_{04}} \right) \right]^{\frac{\gamma_t}{\gamma_t-1}} \quad [11] \quad (2.42)$$

- ةهوف

ي ، كلذل . ال م ةدودسم ةهوفل تناك اذا امم ققحتل ل جرحل طغض ال لاءل متي ، ةل حرم ال هذه يف [11] 2. 43 ةلداعم ال نم جرحل طغض ال ىل ع لوصحل م

$$\frac{P_{06}}{P_{crit.}} = \frac{1}{\left[1 - \frac{1}{\eta_n} \left(\frac{\gamma_t-1}{\gamma_t+1} \right) \right]^{\frac{\gamma_t}{\gamma_t-1}}} \quad [11] \quad (2.43)$$

2.44. ةلداعم ال نم مداعل ةعرس باسح متي . ةدودسم ريغ ةهوفل نإف ، $\frac{P_{06}}{P_{crit.}} > \frac{P_{06}}{P_{0r}}$ تناك اذا

$$V_7 = \sqrt{\frac{2\gamma_t\eta_n RT_{06}}{(\gamma_t-1)} \left[1 - (P_{0r}/P_{06})^{\frac{(\gamma_t-1)}{\gamma_t}} \right]} \quad [11] \quad (2.44)$$

2.45. ةلداعم ال نم مداعل ةراح ةجرد ىل ع لوصحل متي ، هال عأ ةلداعم ال نم

$$T_{07} = T_{06} - \frac{V_{07}^2}{2c_{pt}} \quad [11] \quad (2.45)$$

ىلإ ، 2.46 ، مداعل ةراح ةجرد ةلداعم ريغي امم ، ةدودسم ةهوفل نإف ، $\frac{P_{06}}{P_{crit.}} < \frac{P_{06}}{P_{0r}}$ تناك اذا

$$\frac{T_{06}}{T_{07}} = \frac{\gamma_t + 1}{2} \quad [11] \quad (2.46)$$

ىلإ ، 2.47 ، مداعل ةعرس ةلداعم لي وحت

$$V_{07} = \sqrt{\gamma_t RT_{07}} \quad [11] \quad (2.47)$$

ةرئاطلا كرحم ءادأ تاملعم

٢٤٨. ك نآل اهنع رب عي، 2.48 ةل داعملا، ددحملا عفدلا

$$\frac{F}{\dot{m}_a} = [(1+f)V_{07} - V] + \frac{A_7}{\dot{m}_a}(P_{07} - P_{0r}) \quad [11] \quad (2.48)$$

٢٤٩. ك. TSFC، عفدل ددحملا دوقولا كالهتسا ةلداعم حيضوت نكميو

$$TSFC = \frac{\dot{m}_f}{F} \quad [11] \quad (2.49)$$

2.3 تانوكملا

ووفلتخم لاءاونا الى إفاضإل اب ، نوكم لك نع في فلتخ تامولعم مي دقت متي ، مسقلا اذه يف اهفئاظ .

2.3.1 لخدملة هوف

ضلا إلى إياها وهي جوت متي امدنع ، يرخأ قرابعب . طغاضلل ءاوهل رتلف هبشت لخدملا هوف
مكل ري فوت يأ ، ءاوهل قفدت يف مكحتل او صيصخت نع ءلوؤسم لخدملا هوف نوكت ، طغا
، ءسال سب طغاضلل إلى إياها قفدت لخدني نأ لبق . كرحملل ءاوهل قفدت نم قبول طمل ءي
لل ءوچلا ليعو رقت سمو دحوم ءاوه قفدت ري فوت لال خ نم اءتمهم ءاأب لخدملا هوف تماق
انوكمل نم آءاو ربت عيو ، عفءل ءي لوت نع لوؤسم ، رشابم ريغ لكشب ، وه لخدملا . طغاض
[6] . يني بروت إلى يمتنت يءل ءي سيئرل ت

كحتال لجأ نملئ اوسلا الكيمانيدي ناناوقل قيبطتو قلماش قسارد وه لخدملا هوف ريوطت يبي زيمي متلا متي . يتوصلل قوف وأ يتوصلل نود ناريطلا تا عرس دنع ءاوهل قفدت ي ف م ةلاح ي ف لمعي 1.0. نملقأ خام مقرل . لخدملا هدنع لمعت يذل ، خام مقرل أقفو ناريطلا ماظن ن ي . [25] يتوصلل قوف نوكت ناريطلا عرس إنف 1.0. نملعأ خام مقر ناك اذإو ، يتوصلل نود 2.50. ةلداعلمل ي ف خام مقر ضرع مت

$$M = \frac{V}{a} \quad (2.50)$$

ظي عقاولا نأل ،يلاثم ضارثفا وه دحوم لكشب طغاضلا لخدي ذلأ ءاوهل قفدت رابتعا نإ
لع رثؤي امم ،ةيلاثمل نع فرحنت ةريثلا مسجوحان چلاو كرحملا ةماعد لثم تانوكمل نأ ره
وقت ىلع ةلثمأ ةماولا ةيضرعلا حاي رل ربتعت .لخدملا ءهوف ءادأ ضوقيو ءاوهل قفدت ى
ا ةعرس نأل ،رطاخملا تداز ،ىوقأ تنك املك ،ةيضرعلا حاي رل ويراني سيف .لخدملا ءادأ ضي
رطخلل تارفشلا ضرعي امم ،ةقطنملا كلت يف توصلا ةعرس زواجتت دق ةفشلا دنع ءاوهل
خدم نم حاي رلل ءهواوملا ءهچلا اهفيضت يتلا قفدتلا ةعرس يف ةجتانلا ةدايزلا ببسب
ضرأل ةماولا وه ةماولا ىلع لاثم .ءاوهل ل

لخدمالاءادىلىلريثأتىلىلئىدؤىامم،عحنجالتحتكرحمالعضولعجيتنروطتتأنكمي
[6].

شاليفحوضوموهامك،ديجلكشبءرودمءفاحلىلئوتحيوتوصلالتحتقفدتلخدمالميمصت
الاقوفقفدتلءداحءفاحبءنراقمأكمسرتكأءفاحلىلئىدؤىامم،قفدتلالصفناعنمل،2.14لك
،توصلانودتاعرسالءنعىواضيبوأيرئادللكشذخأتاهنإف،لخدمالءطقملءبسئالبام.توص
لكلكشبقفدتلاليلقتلئزكرمطورخملىلئوتحت،يتوصلالاقوفلخدمالتاعرسءنعامنيب
[26]. 2. 16 و 2.15 لكشلاليفحوضوموهامك،لخدمللليطتسملكشوأتوصلانودتاعرسلىلئري



[26] يتوصونودلخدم: 2.14 لكشلال



قفولخدم: 2.15 لكشلال
[26] يروحميتوص

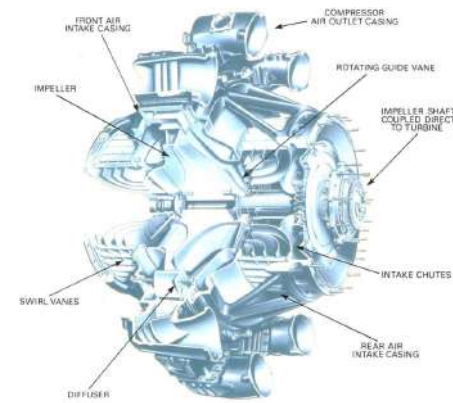


قفولخدم: 2.16 لكشلال
[26] ليطتسميتوص

2.3.2 طغاض

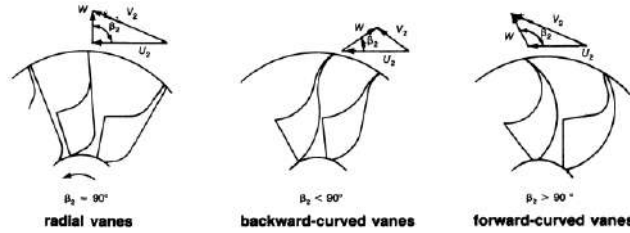
وههأدبم.طغاضالاهكلذنامضنعلوؤسمالو،ءيزاغالانينبروتللئويحرمأءاولهالطغض
ذل.طغضءقاولىلإ،لمعلكشئينبروتلالهرفويئتل،ءيكيناكيمالءقاولالئوحت
نيسحتل.لصفأيزاغالانينبروتلالءفيظوتناك،لصفألئوحتالءيلمعتناكاملك،ا
انادقلىلإريشت،طغاضالاءافك،لوالأ،طغاضالاءادأزيمتءمهمريئاعمءثالثكانه،كلذ
ضالءقاولءدايئلطغاضالاهجاتحيئتلءقاولرهظت،ىرخأءرابعب،لئوحتالانثأءقاول
ضاللوخووطغاضالاجورخءنعيلكلالطغضالءبسنئيه،طغاضالاطغضءبسن،ئناثال.طغ
هتجلاعمطغاضالاءيطتسيئذلالءاولهالقفدتمجحئنعئيه،ءاولهالقفدتلدعم،ثلاثال.طغا
سلىل.طغاضالاءادأفأمهمأرودبعلتوئطبارتمءثالثالريئاعمالهذه.ئنمزهءحولالخ
ءءافكو،ءوقوالكالهتساو،عءلابءرشابمطغاضالاطغضءبسنطبترت،لائلمالئيب
[6]. كرحمال

2.3.2.1 يزكرمطغاض



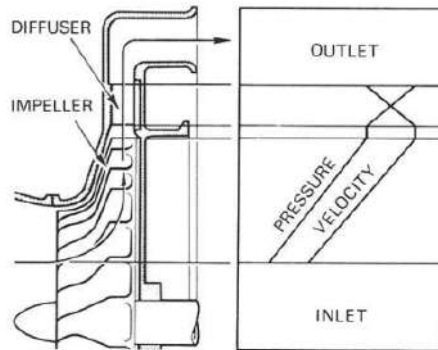
[8] يزكرمطغاض: 2.17 لكشلال

زجتني، تباث عزومو ءاوهل اغيرستل ءراود ءحورم ىل عيوتحي، 2.17 e لكشل، طغاضل اذه م، اهزكرم ىل رارمتساب ءاوهل زفحي ام، ءىل اع ءعرسب ءحورملا رودت. ءبولطملا طغضل ءداي قفدت هاجتا ريغي ام، ءحورملا فرط ىل تارفشلا ءطساوب هجوم يعاعش ءاوه قفدت دلوي ام تي ام ءاوهل قفدت ءحورملا ءكرح عرستس. نارودلا رومل ءبس نلاب آي دومع نوكل ءاوهل لت تارفش نودب ءحاسم ربع رمي، ءحورملا نم ءاوهل جورخ دنع. [8] طغضل ءداي زي فببس طغض ءقاط ىل ءيكرحلا ءقاطلا لوح ام، ءحورملا ىل tangent تم تارفشب دوزم عزوم اهي قفدت هاجتا ددحي س يذل ءحورملا نيوكت ىل عكل ذمتعي، ءحورملا ءاوهل رداغي امدنع. [27] 2.18 لكشل ي ف ءحوضوم حوارملا نم ءفلتخملا ءاونال. ءاوهل



[27] تاعفادال ءاونال: 2.18 لكشل

اريغتلا هذه ءيؤر نكمي. ءعرسل او طغضل ا ي تاريغيغت ثدحت، ءحورملا ربع ءاوهل رمي امدنع لا قفدت راسم آحوضوم، ءعرسل او طغضل ل ي ناياب مسر مسر متي شيح، 2.19 لكشل ا ي ف ت طغاضل رصانع ربع ءاوه



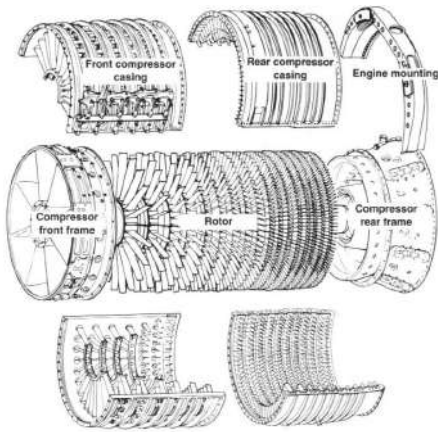
[27] عزومل-ءحورملا ماظن ربع ءعرسل او طغضل روطت: 2.19 لكشل

نصت ءفلكتب زي متي و، طسبأ هنال رخصال ءي زاغلا تان ي بروتلل آرايخ طغاضل اذه ربتعي ن ىل عياعشلا طغاضل لصحت. ربكأ ليغشت قاطن ي نعي ام ءلاع رارق تساو، ءضفخنم عي زاوتل ءيؤر نكمي. [17] 5:1 طسوتمو، ءي بي رجتلا ءاضوال ي ف 1:13 e لثم، ءىل اع طغض ءبس 2.1. لودجل ا ي ف ءثالثل حوارملا لوح ءي بلسل او ءي باجي ا ل طاقنل ني ب ماعل ن

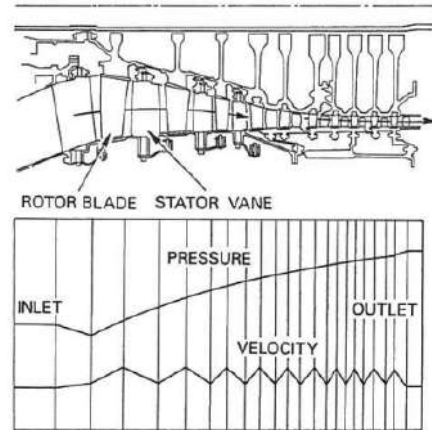
Types of Impellers	Advantages	Disadvantages
<i>Radial vanes</i>	1. Reasonable compromise between low energy transfer and high absolute outlet velocity 2. No complex bending stress 3. Easy manufacturing	1. Surge margin is relatively narrow
<i>Backward-curved vanes</i>	1. Low-outlet kinetic energy = low-diffuser inlet mach number 2. Surge margin is wide	1. Low-energy transfer 2. Complex bending stress 3. Hard manufacturing
<i>Forward-curved vanes</i>	1. High-energy transfer	1. High-outlet kinetic energy = High-diffuser inlet mach number. 2. Surge margin is less than radial vanes 3. Complex bending stress 4. Hard manufacturing

2.3.2.2 يروح

ل تاريخ اطلل تاكرحم الاميمصت يف امدختسا رثكأل وه 2.20 لكشال، يروحم طغاضال ولا سفن يف قيعلا قفتك قفدت ال دعمو قيعلا طغاض بسن ريفوت هنكمي هنأل قيعلا فاب قلمصتم، تاراو دنع نم طغاضال اذه نوكتي، قيعلا عفد تاذا تاكرحم عنص ب حمسي امم، تق يهو، تباوث راود لك قفاري. تباوثال طغاضال او قيعلا قاطال نم ديزي امم، يكرحمال دومعل ل انم تو تباوثال طغاضال نم ديزت، يلاتلابو، قيعلا قاطال نم للقت تباوث تاراو وقت ثيح، عاوتلال ليزت عاوهلل تادحومك تباوثال تارفش لمعت. [28] نارودل نم قفدت ل اجاتال يف هجوتو راودل نم قفدتال ححصت يلاتا قيعلا غتمل اهتيواز ببسب كلذب ميمال نم قيعلا غتمل تباوثال للقت، موهاله قيعلا وضفخ لال خ نم. [6] يلاتال راودل لحي حصا يف يروحم طغاضال احنأ عيمج يف قعرسلال او طغاضال حيضوت متي. [17] فقوتال ل ل 2.21 لكشال.



[6] يروح طغاض 2.20 لكشال

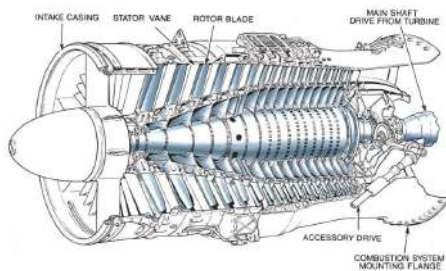


[8] يروح طغاض يف قعرسلال او طغاضال تاريخيغت 2.21 لكشال

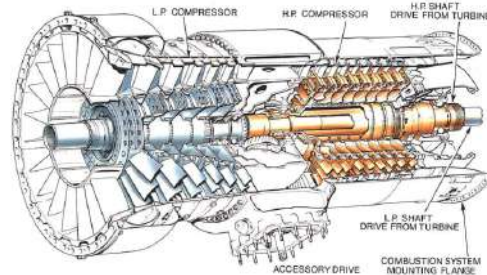
فخنم طغاض قدايز اهل قلمصم لك. قلمصم يمسئ تباوثال تارفش نم فص عم، راودل نم فص تنال لدعم دي دحت متي نأ بجيو، تارفشال فارحنال قيعلا واز ببسب قيعلا غص قدايزال. ض ل اذه ليلقتل. تارفشال فقوت هعبتي دق يذال تارفشال دنع عاوهال لاصفنا عنمل راش مال فوفصلال يف تارفشال نم عاوهال نم عزج قال طال "فيرصت تامامص" عاشنإ مت، ريثأت انب نكمي، رئاسخل اذه عنمل نكمم رفق ربكأ يف مكحتال عم. ريعتمال تبتمال او قسطوت ل، لحارم قنع ليعل يوتحيل طغاضال مسج

أ طغض بسن ىل ل لصحي هنإف ،ةيمامأل ةحاسم ال سفنب يزكرم ال طغاض ال عم ةنراقم ال دن ع م مظعم ل يروحم ال طغاض ال رايتخا متي ببس ال اذهل .ريثكب ربكأ عفد لىل إيدؤي امم ،ىل ع م ال ببسب يئاوله ال يكي ماني دل بحس ال لىل قى رخأل ايازم ال نم . [6] تارئاطل تاكرح دحوم هاجتا يف ريس تءاوله ال تا قفدت نأل قفدت ال هي جوتل ةجاج ال و ،رغصأل ا يضرب ال عطق [8] . ني بروت ال وحن

و طغاض ال ني ب طبري يذل دومع ال يه ةركبل . ةدحاو ةركب نم رثكأ نم تاكرحم ال هذه نوكتت نأ نكمي ت متي ، ني بروت ال و طغاض ال نم طقف ةدحاو ةعومجم كانه ناك اذا . اهيل ع ريخأل رودي ثيح ، ني بروت ال بل ددعتم ماضنل نوكتي . 2.22 لكش ال يف حضوم وه امك ، ةدحاو ةركب وذ هنأ لىل عفدل زاهج في نص صاخ ني بروت ةطساوب راود لك ليغشت متي ثيح ، راودل تا عي مجت نم رثكأ وأ ني ت عومجم نم تارك 2.23 لكش ال يف تارك بل ددعتم ماضنل لىل لاثم حيضوت متي . [8] هب



[8] ةدحاو ةقل وذ يروحم طغاض : 2.22 ط لكش ال



[8] ني تفل وذ يروحم طغاض : 2.23 لكش ال

ل اقبسن مي ق عم . لىل عأ طغض بسن ىل ل لصي هنإف ، ةي لاثم ةعرب رودي طغاض ال ناك اذا شت ال و ددتم ال لىل ل فالغل ليمي . دوي ق كانه نكلو دوقول ةءافك نسحتت ، ةي لال طغض زازت ال طوغض معدل لقثأ طغاض فالغ مادختسا يروض ال نم ل عجي امم ، و [8] .

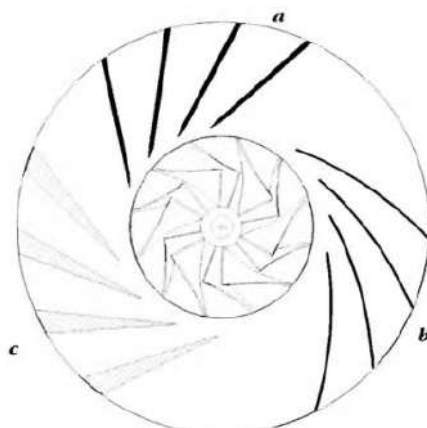
2.3.3 عزوم

ل اع يعاعش ال ءاوله قفدت هي جوت دي عي يذل و ، طغاض ال ماضن نم يع عرف نوكم وه تبت ثم ال و أعزوم ال ض قاط لىل ةي قبت م ال ةعرس ال قاط أل وحم ، قارتحال ةفرغ لىل ةحورم ال نم ي تأي يذل ةعرس ال ي طغ [29] .

ل حل ةحاسم ال . تارفش ب دوزم ريغ وأ تارفش ب دوزم ، ني عون ني ب عزوم ال ماضن زي مي ت نكمي ل اعف نوكت دقو ةل وه سب اهجات نى نكمي تارفش ب ةدوزم ال ريغ وأ تارفش ب ةدوزم ال ريغ ةي ق ةجي تن عم قل ق ردصم حبصت ال ةحي حصل ةرفش ال ةيواز نإف ، تارفش دوجو مدعل أرطن . ق نأل بسانم ال رايل نوكي نل تارفش ب دوزم ال ريغ عزوم ال نإف ، كل ذ عمو . قفدت ال رسك لونرب نوناق لىل رظن ل اب . قفدت ال رسك لامتحا نإف ، يلات ل اب و ، عستتس قفدت ال ةان خني طغض ال نإف ، ةعرس ال تداز اذا ، رخأ ةرابعب ، ةتبات قفدت ل ةي لك ال ةقاطل لظت ، ي ماودل نوناق لىل أدانتسا ، عزوم ال رطقو ةعرس ال ني ب ةق ال عل نأل أرطن ، كل ذ لىل ةوالع . ضف ع بولطم ال ريثأ ال هل نوكي نل قفدت ال عي سوت نأ جاتنتسا لىل ي دؤي امم ، ةتبات ، ة [29] قفدت ال ل طعتي دق ، يلات ل اب و ، طغض ال لي وحت لىل

نم وأ طغاض ال نارود هاجتا يف ةي نحنم هي جوت تارفش ب أدوزم تارفش ال وذ عزوم ال نوكي نأ نكمي هرفح نكمي أكي مس أني فس ل لكشي امم . عستت تارفش ىتح وأ سكا عمل هاجتال ا يف ةي ن ح حضوم ال ، عاونأل هذه فرغت . زاغل قفدت يف لخادت ي نود ي غارب ال تي ب تبت ريخأل اذه حمسي لىل ع تارفش وذ عزوم ، مامأل ةي نحنم تارفشو ، ةمي قتسم عزوم تارفش ب ، 2.24 لكش ال يف تارفش عزوم ال نم عاونأل هذه كل تمت ، كل ذ لىل ةوالع . يلاوتل لىل ع ، ني فس ل لكش

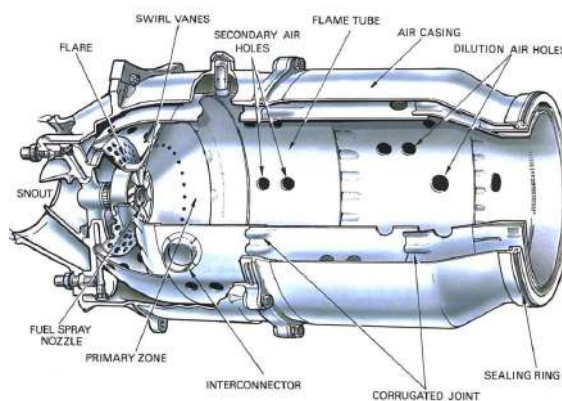
كـرجـالـى لـعـاضـقـلـالـخـنـم ،زـاغـلـطـغـضـصـافـخـنـا عـنـمـي اـمـم ،تـازـاغـلـل ةـيـبـلـولـال ةـكـرجـال سـكـاعـتـي تـالـة
[29] . ةـيـقـبـتـمـل ةـيـبـلـولـال ةـ



[29] عـزـومـال عـاـونـأ: 2.24 لـكـشـال

2.3.4 قـارـتـحـالـة فـرـغ

اـوـي هـو ،أـبـيـرـقـت ةـيـلـخـادـلـة قـاطـلـة ةـداـيـز مـتـي ثـيـح ،2.25 لـكـشـال رـظـنا ،قـارـتـحـالـة فـرـغ يـف هـنـإ
ئـاسـخ نـم دـحـل عـم لـاعـف قـارـتـحـا رـيـفـوتـل اـمـيـمـصـت مـت .جـتـانـلـا عـفـدـلـل تـانـوكـمـلـا مـهـأ نـم ةـدـح
دـمـلـا و لـيـغـشـتـلـا فـيـلـا كـت يـف هـبـعـلـت يـذـلـا مـهـمـلـا رـودـلـا بـبـسـب يـنـدـأـلـا دـحـلـا يـلـلـا طـغـضـلـا ر
إ هـعـبـتـي ،طـغـاضـلـا ةـطـسـاـوب هـلـا خـدـإ مـتـي يـذـلـا ءـاـوـهـلـا عـم هـجـزـم دـعـب دـوقـولـا قـرـح مـتـي اـنـه . [17] ي
[6] . رـايـت رـبـع هـعـيـرـسـتـو ءـاـوـهـلـا عـيـسـوت مـتـي سـثـيـح ،قـارـتـحـالـا دـعـب ،ةـيـرـاـرجـال ةـقـاطـلـل قـالـط
أـدـجـوم ءـاـوـهـلـا نـوكـي يـكـل



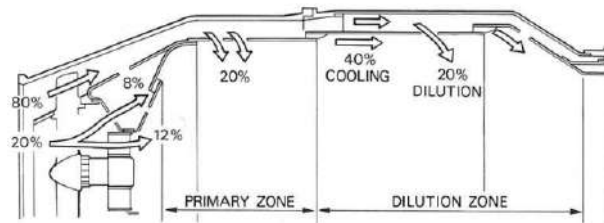
[8] قـارـتـحـالـة فـرـغ: 2.25 لـكـشـال

ا تـاـجـرد لـمـحـتـل ةـبـسـانـم داـومـو قـارـتـحـالـا تـقـو يـف ةـرـاـرجـال ةـجـرد يـف مـكـحـت كـانـه نـوكـي نـأ بـجـي
إ 650 نـم ةـرـاـرجـال ةـداـيـز تـاـفـالـتـخـا قـارـتـحـالـا ةـفـرـغ مـعـدـت .قـارـتـحـالـا ةـيـلـمـع لـاـوط يـوصـقـلـا ةـرـاـرجـال
ةـجـرد 550 hـو يـلـإ 250 دـنـع ةـفـرـغـلـا لـخـدي يـذـلـا ،أـقـبـسـم نـخـسـمـلـا ءـاـوـهـلـا نـم ةـيـوئـم ةـجـرد 1150 يـلـا
(ةـيـلـوـأـلـا ةـقـطـنـمـلـا يـلـلـا رـمـت ءـاـوـهـلـا ةـلـتـك قـفـدـت نـم طـقـف ةـئـمـلـا يـف 20 نـإـف ،كـلـذ عـمـو .ةـيـوئـم
ا رـيـودـت ةـدـاعـلـا زـيـفـحـتـل ةـمـاـود تـارـفـش لـالـخ نـم ،قـارـتـحـالـا ةـفـرـغ نـم (دـوقـولـا قـارـتـحـا ثـدـجـي ثـيـح
تـلـل ةـدـاعـلـا هـذـه ءـاشـنـإ مـتـي .ةـمـاـودـلـا دـلـوم مـعـدي يـذـلـا صـرـقـلـا نـم ةـريـغـص تـاـحـتـفـو نـخـاسـلـا زـاغـل
رـسـضـفـخـي يـذـلـا ،مـوـطـرـخ يـمـسـي لـمـاك عـزـج يـلـلـا يـمـتـنـت يـتـلـا ،ةـمـاـودـلـا تـارـفـش ةـطـسـاـوب رـيـود
اـوط ،رـارـمـتـسـاب ،أـلـعـتـشـم بـهـلـلـا يـلـع طـاـفـحـلـل ةـبـوـغـرـمـلـا مـيـقـلـا يـف نـوكـتـل ءـاـوـهـلـا قـفـدـت ةـع
كـلـذ يـلـلـا ةـفـاضـلـا بـ .ةـيـرـاـرجـال ةـيـلـمـعـلـا قـاطـنـل

ليلقى نخل نخل زغال طبري امم ،ةيونال ءاوله اتاحت لال خ نم رمت رة ءم ال ف 20 أضي أكانه [8] . ني بروت ال ال لصت نأ لب ق ءارح ال ءرد

أل خاد ، بهل ال بوبنأل ءي ل خادل او ءي ج راخ ال نار دجل ربع ءاوله رمي ،ةيونال ءاوله اتاحت ف ءداع ءاشنإ م تي ، ناي رجل ني ذه جم لال خ نم . ءي ل وأل ءقطنم ال ربع رواجم ال قفدت ال رمي نأ دعب [8] . رقت سم بهل قي قحت ل ءي قلح ءم اود ءوشن ال إ ي دؤي امم ، ءعرسل ءصفخ نم ري ودت

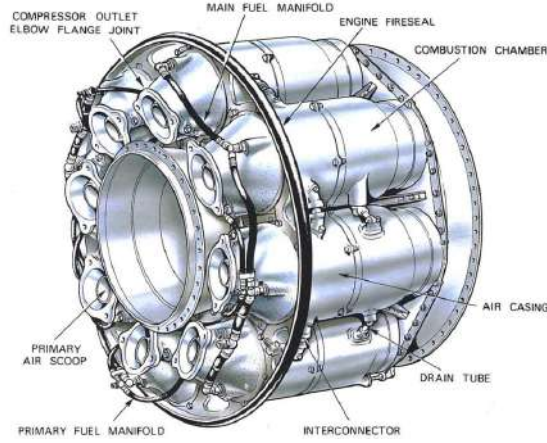
فاحتو لمحتت نأ ءدام يأل ءل ءي ل ل بعصل ال نم نو كي س ، ءارح ال نم ءي ل ل ال اتاجر دل هذه عم نم ال ءفي طول ني كم تل ، كل ذل . ءارح ال ءرد عافترا دم نع رظنل ا ضغب ءادل س فن ال ءل ي ربت نم نكمي اذهو . ءاوله قفدت راسم دي دحتل قارت حال ءفرغ مي مصت مت ، ءدام ل ءبسا ل بوبنأل ف غارف ري و طت مت ، ءفرغلل هي ف بوغرمل ريغ ءادل ع نمل . نخل ال زغال ءدام ل د ازل ءنوخسل نم اهنمي امم بهل ال بوبنأل نار دج دي ربت ءاوله قفدت موق ي شي حب ، بهل ف 60 p ي ل امج ن ءم ال ف 40 p د ادختسا م تي ، دي ربت ال ا ضارغل ، طس و طم ال ف . ءدئ بع ءاوله نم رة ءم ال ف 20 p رمي م . [6] قارت حال م دختس ي ال ي ذل ءاوله نم ءم ال ف نم نخل ال زغال ءارح اتاجر لل لقي امم ، في فخت ال ءقطنم ال ، ءيونال ءاوله اتاحت ر د ءاوله ءي زوت حيضوت م تي . [8] ني بروت ال ال لصت نأ لب ق ءي وئم ءرد 2000 ال 1800 2.26. لكش ال ف ، هاندأ دق و م ال ل خا



[8] دق و م ال ل خاد ءاوله ءي زوت: 2.26 لكش ال

- قبل ل لكش ال ءل قارت حال ءفرغ وأ ءدعت م قارت حال ف ر

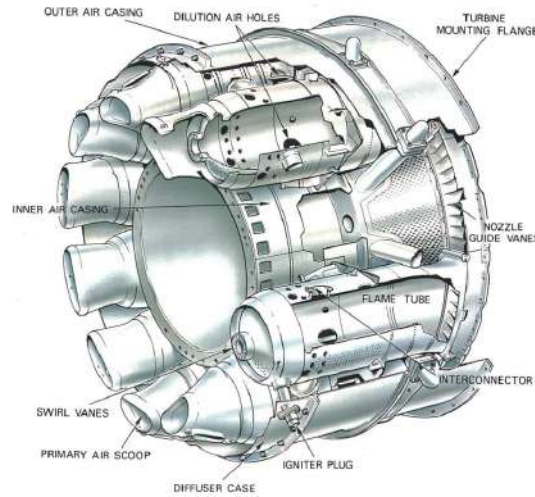
قي قحت م تي . ي زكرم ال دوم ال لوح ءرئاد لكشت ءي زاوتم ءي درف ف ر ءدع ال ءي وحتت ل ءاشنإ حمسي . ني دق و م ال نم ني نثا وأ دحاو لاعشإ فكي هنأ شي ح ءل وهسب قارت حال اومل لي غشتب ، لصوم ي م سي لاصتا طبار ربع رة ال ال بهل بوبنأل نم رشتني به 2.27. لكش ال ف حضوم ءفرغل هذه ال ءل ل اثم . [6] واستم طغض دنع دق



[8] قددعتم قارتحا ةفرغ: 2.27 طكشلا

- ةبلع لكش ىلع قارتحا ةفرغ وأ ةيقلح قارتحا ةفرغ

نسحي امم ،ةيقلح قارتحا ةفرغو ةيبوبنأ قارتحا ةفرغ نيبتسو لحك تءاج شلا يف ءحضوملا ،قارتحا ةفرغ هذه .امهصئاصخ ىوقأ نيبتعمجي و ،امهنم لك بويغ تل فرغ ءدعب طيحي يجرأخ فالغ دوجوب ءددعتمل قارتحا ةفرغ نع فلتخت ،2.28 لك يسحتلا اذه .لبق يذ نم أيكي ناكيم أراقستسا رثكأ اهل عجي امم ،يوناثلا ءاوهلا ديوز . [6] ءحاتملا ءحاسملا ءءافك رثكأ مءدختسالا لعج ن



[8] ةيقلح ةيبوبنأ قارتحا ةفرغ: 2.28 لكشلا

- ةيقلح قارتحا ةفرغ

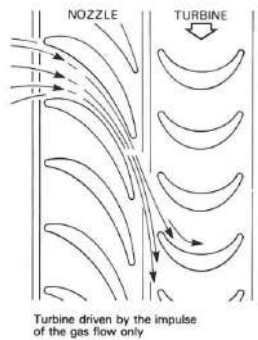
حلا ءحاسملا مءدختسي ،يقلح لكشب ،2.29 لكشلا يف ءضوم ،ءحاو بهل بوبنأ هنإ طسبألا هممصت .ةيواستم قارتحا ةيلبعمب ءمسي امم ،ءءافك رثكأ لكشب ةيمج ن يه ءقاوملا ربع ءعسوتمل ءقاطلا نإ شيح ،يللكل نزول يف أءي فمأ ليلقت ققحي ءفلكت ىلع كلذ رثؤي ،يلاتلابو .ةئمل يف 25 ءبسنبلو طلال ليلقت عم ،اهسفف [8] .اهل ليلقت لالخنم ءاتنإلا

[8] . عرسال عبرم عم ديازتي ني بروتال صرق يف أدهاچ اة ناردل اة كرحل اببست

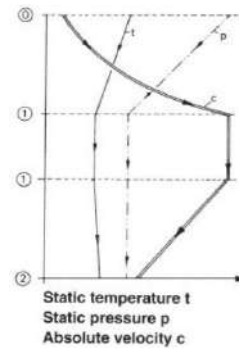
لا ، داومل دحأ . اة لالاعل طوغضل او اة رارحل اة ارجد معدل اة دي دج دي ربت اة نقتو داوم ريوطت مت ب ل ل كني نل اة ل ع دم ت عت اة كئاف كئابس يه ، اة رارشل اة اعرس يف ، ماع ل كشب اة دم دختسم ب ت ، ك ل ذ عم و . [30] اة لالاعل اة رارحل اة ارجد يف اهل محت اة قو و فحلزل اة لالاعل اة م واقع ببس بعصلل نم ، ك ل ذ عم و . هتف ي طوو ني بروتال اة ارج نم اة ج ي ا يف رر اسخل اة راد او عنمل دوهج ل ذ [6] . فرطلل اة رار ف اة ق ف دتلل ري ي غت و ا ، ك ا ك ت ح لال ل ث م رر اسخل اة عنم اة ي ا غل ل

ع فاد : ع ا و ن ا اة ثال ل اة ل اة هزي م ت لال خ نم ، ه و ن د د ح ت اة قاطل ني بروتال اة ب ل و ح ي اة ت ل اة ق ي رطلل ، ي ل ع ا ف ت - ع فاد و ، ي ل ع ا ف ت .

اة قاطل اة رارختست ية ت لال اة امل اة اة ج ع ل هباشم ، 2.30 ل كشلل يف حضومل ، ع فادل ني بروتال اة رارشل ربع زاغلل ق ف دت ي . ني بروتال اة رارشل ية ل ع زاغلل رر ثا ت لال خ نم زاغلل ق ف دت نم ثا ي س ، راودل اة اة ر ح م يف . اة رارحل اة ارجدو طغضلل ل ل ق ي ا م ، ي ل ع ا اة ع ر س ب اة ر خ ي و ه و ف ل ه ي ج و ت زاغلل نم اة ل و ق ن م ل اة قاطل ببسب اة ع ر س ل ل ل ق ي ا م ، راودل اة رارشل ية ل ع ل ع ا م ل ق ف دت ل ر اة ج ع ل ن ا ر و د ي ل م خ ز ل ا ي اة ق ل د ا ب م ل ه ذ ي د و ت س . اة رارشل ية ل اة [6] .



[8] ع فاد ني بروت : 2.30 ل كشلل



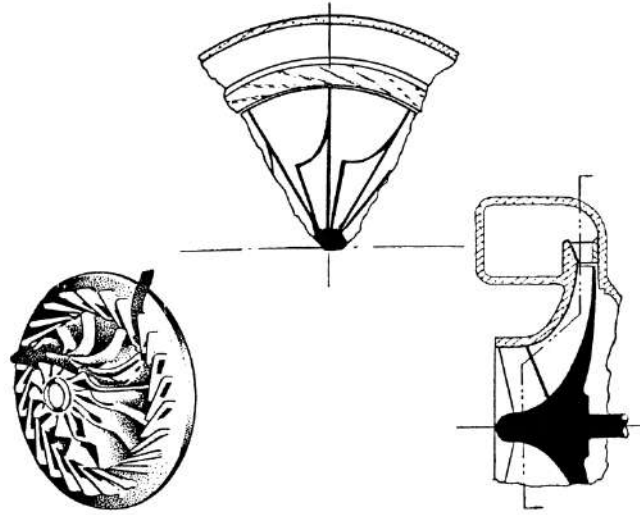
[8] رادم ية ل ع صا صخلل ري غت : 2.31 ل كشلل

فال ه ي ج و ت اة رارشل ية ل اة زاغلل ل خ دي ا م د ن ع . اة ز ي م ل ا ح ا ر م ثال ل ك ا ن ه ، 2.31 ل كشلل اة ط ح ل م د ن ع ل ا ي اة اة ز ع م اة رارحل اة ارجدو طغضلل ي اة صا ف خ نال د ح و ي ل اة ر ف ص نم اة ل ح ر م ل اة ص ر ع ت ، ه و ي ل اة ل ص ي و ه و ف ل ه ي ج و ت اة رارشل ية ل ع زاغلل ر د ا غ ي ا م د ن ع ، ي ل و ا ل اة ل ح ر م لال خ ، ك ل ذ د ع ب . اة ع ر س اة رارشل راسم ية ل ل ق ت ن ي م ت . اة ت با ث اة ع ر س لال طغضلل او اة رارحل اة ارجد نوكت ، راودل اة رارشل م ل ل ق ي ا م ، ل م ع ل ك ش ية ل ع اة قاطل اة رارختسا م ت ي اة ث ي ح ، ن ي ن ا ية ل اة د ح و نم اة ل ح ر م ل ، راودل [8] . ك ا ك ت ح لال اة ج ي ت ن اة رارحل اة ارجد ي اة ف ي ف ط ع ا ف ت ر اة ط ح ل م ن ك م ي . زاغلل ق ف دت اة ع ر س ن

اة رارشل ية ل نم ك ي ق ر فال . ع فادل ني بروتال ن ع ا ر ي ث ك ي ل ع ا ف ت ل ني بروتال ف ل ت خ ي ال ه و ف ل ر ث اة ق ل خ ي ، اة رارشلل م ي م ص ت ببسب ، راودل اة رارشل راسم ن ا ف ، ي ر خ اة ر ا ب ع ب . راودل اة ا و ه اة ي ك ي ا م ا ن ي د اة ق و د ي ل و ت اة ص ي اة م ت ي ، ه م ي م ص ت ببسب . ر ث ك اة زاغلل ق ف دت ع ر س ي ا م ، اة ل ن ا ر و د ي ف ببسب ي ا م ، اة رارشلل ية ل ع زاغلل رر ثا ت ن ع ج ت ا ن ل م خ ز ل ية ل اة ف ا ص ا ل ا ب . اة [8] ر ا و د

اة ف ا ص ا ل ا ب . اة ق ا س ه ج ر ش م ت ي ذ ل ه و ف ل ر ث اة ببسب ي ق ف دت لال راسم ع ط ا ق م ي ف ق ي ص ل ا رر ثا ت ل ني بروتل اة رارحل او اة رارحل اة ارجد ية ل ق اة ف ي ف ط صا ف خ نال ك ا ن ه ، ك ل ذ ية ل

او فانق نم ، عمجي بلول نم الأول، 2.33 لكشلا يف حضوم وه امك ، نيبروتلا اذه نوكتي
 مك ، تارفش نودب تاهوفك أبل اغ مدختست تي تاهوفل تارفش لىل ، قفدتلا ، دح
 دئال عاقل ببسب هي مة اذ عافكلا نوكت ال ثيح عنيبروتلا نحوشلا يف ا
 م ، تارفشلا قفساوب قفدتلا هي جوت متي ، تارفشلا ميمصت عم . مداعلا تازاغ يف ا
 دومع عوق بببسي امم ، صرقل او روحملا يف تارفشلا هذه جم دنت . هعيرست لىل ي دوي ام
 ا تارفشلا عي اهن يف ينحنملا مسقلا لىل قفدتلا لصي امدنع . قفدتلا طخ لىل عي
 ي ح ، جورخل اعزوم لىل قفدتلا هجتي ، اريخا . هاجتالا عرس عوق نم عزج علازا متي ، جرخملا و
 [27] . تباث طغض لىل جرخملا نم عىل اعلا عقل طلملا عرسلا لىل وحت متي ث



[27] طلتخم يعاعش قفدت نيبروت: 2.33 لكشلا

مداعال ةهوف 2.3.6

دلوم هنوك نع ينيبروتال لصف ي امم ، عفدل ديروت نع لوؤسم ينيبروتال نم ريخال نوكمال قبتمال يبلالئلالي وحت نم عفدل جاتئل عقيرت نوكتت . أقباس هيلإ راشلإا مت امك ، زاغ [29] . مداعال ةعرسلإ ي

متي ، ميمصتلاب قلعتي امي . ةعونتم آل اكشأ ذخأتو بولطمال عادألل أقفو ةهوفال روطتت :عاونأ ةثالث زيي مت

- ةبراقتم ةهوف

عطقم ةحاسمب يهتني يذل قفدتال طخ هاجتال لوط لىل ةانقلل يضرعل عطقمال ةحاسم لقت لا لخدم دنعل طغض ببسب عيرستال ثدحي . قفدتال عيرست لىل يدؤي امم ، رغصأ يضرع يحمال طغضلال لىل لصي تح قفدتال فيرست لىل يدؤي امم ، طيحمال طغضلاب ةنراقم ةهوف نوكتي شيح ، ةيتوص ةعرسل دنعل فرصت ةهوفال هذه تناك اذا . لمالكالاب زاغال عسوتيس شيح ، طيساسأل كشباله قيبطت متي . ةدودسم ةهوفال ربعت ، دح يصقأ يف ةلتكالك قفدتال لدع [6] . ةيلالال يتوصلال نود ةعرسلال تاذ ةيركسعلال ةيراجتال تارئاطل ي

- ةدعابتم ةهوف

راشتنا ي ف ببستي اذه . غيرفتال دنعل مجح يصقأ لىل لصتل يضرعل عطقمال ةحاسم دادزت [31] . قفدتال ؤطابت لىل يدؤي امم ، ةهوفال ربع لئاسل راي

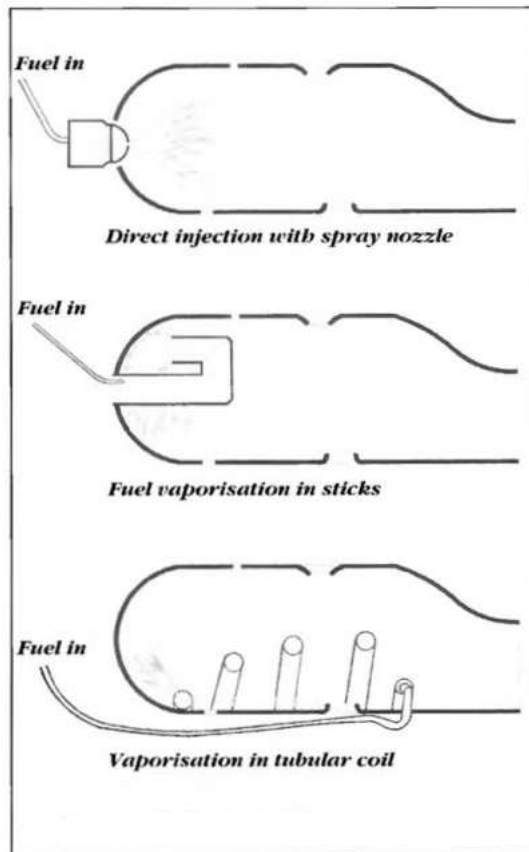
- ةدعابتم-ةبراقتم ةهوف

اهيلت ، ةي عطقمال ةحاسمال صفخنن ، يمامال ءزجال ي . ريغتم يضرع عطقمب زيي متي لا لعجي دعابتمال او براقتمال ءزجال ي ف مكحتال . ةي عطقمال ةحاسمال ي ف يرخا ةدايز مسر وه 2.34 لكشلا . [6] عفدل ةدايزل ابلال مدختست ةريغتمال ةسدنهل تاذ ةهوف . ةدعابتمال او ةبراقتمال ةهوفلل طي طخت

2.3.7.2 دوقول ناقح طامنأ

ةعئاش ةينقت يه لولأال .هريخبت وأ دوقولا ةيرذت قي رط نع دوقول او ءاولا طلخ ذيفنت نكمي ارطلال مچح لىل ري بك لكشب قارالحال ءدوج دمتعت ثيح ،ةري بكال تارئاطل ي ف مدختست ةريغصلال تاكرحل ي ف نقحل ي ف اءئاول قوفي ةينقتال هذ دي قعت .ررذتمال دوقولل ت [29] .

لا زاغل قفدت ي ثيح ،تارخبلال مساب فرعُت ،ةريغص بيبانأ نم دوقول ريخبت نوكتي ي .ةيلوالا ةقطنمال لىل لوصولال لب ق دوقول نم ءزج ريخبت لىل يءؤي امم ،أقبسم نخسم نال .فوقعم دحاو بوبنأب اهنم لك طبتر ي ثيح ،ةعيفر بيبانأ لال خ نم دوقول عفد مت ،فسألل .قارالحال ةقطنم لوخذ لب ق ءاولاب طلخ ي دوقول نأ وه ماظنل اذ ه نم دي فمال ب اذ ،لال مال لىبس لىل ع ،ةيجهنم براحت لال خ نم طقف ةقيرطال هذ ةيلاعف دي كأت نكمي نأ ةيؤر نكمي . [29] عافترالال لىل لىم ت ءارالحال ءجرد نإف ،طرفم لكشب رخبمال دي دمت مت 2.35. لكشلال ي ف دوقول ناقح عاو

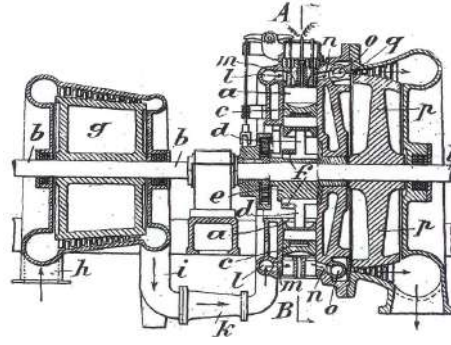


[29] دوقول ناقح طامنأ: 2.35. لكشلال

2.4 ين يبروتال نالال تاي ساسأ

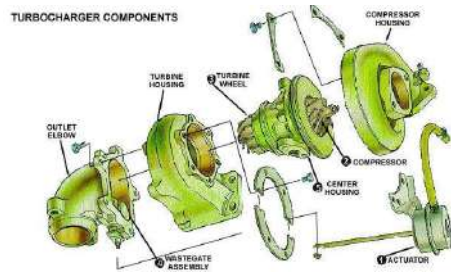
الكيم ةيلمع ركتباو رلم ياد بيلتوغ أشنأ ام دنع 1885 ماع ي ف ين يبروتال نالال ءصق أءب أ ،يرسيوسل سدنهمال نأ نم مغلرل لىل ع .كرحلمال لىل لال خال ءاولا طغص لب ق ام ةيلمعل ةيكين ماع ي ف هءارخا ءءارب لىل ع لصح ثيح ،ين يبروتال نالال ركتبمال ربتعي ،يشوب ديرفل [32] 2.36 لكشلال ي ف حضوم وه امك 1915 .

ر بجي امم ،كرتشم دومعب نيلصتم ني يبروتو طغاض نم زاهال نوكتي This



[32] يشوب ديرفل أعارتخا ءءارب ،ينينبروت نحاش 2.36 لكشلا

رولت نحاشلا تانوكم حيضوت متي .يلخاد قارتخا كرحمل ،قارتحال ءفرغ ىلإ ءاوهل ءارقتسا
2.37 لكشلا يف ينينب



ينينبرولت نحاشلا تانوكم 2.37 لكشلا

ساوب اهعفدي امم ،مزالال لمعل جاتنإل ءل سوك كرحمل نم مداعل تازاغ تانينبرولتلا مدختست
رغ يف .قارتحال ءفرغ ىلإ هايأر فوم ،ءاوهل طغضب طغاضل موقي .طغاضل نارود ءدبل ،دومعل ء
عم بسانتت دوقول ءيمك نأ ثيح ،ءاوهل او دوقول طيلخ قفدت يف ءدايز ثدحي ،قارتحال ء
[33] . ءاوهل ضئاف

ذه حيضوت متي .يلخادال قارتحال كرحمل ءءافك دادزت امك ءق اطل جتان دادزي ،دوقول نم ديزمل قارتخا عم
و لوأل هقيبطت يف يشوب ديرفل أل بق نم ءرم لوأل جئاتنل هذه فاشتكا مت 2.38 لكشلا يف ءرودله
لا يف وأ ءق اطل يف ءاوس ،ءدايزله هذه . [32] ءءمل يف 40 نع ديزت ءق اطل يف ءدايز ىلعل لصح ثيح ،حجانل
تابكرمل يف عساو قاطن ىلعل أم دختسم أراهج ينينبرولتلا نحاشلا تلعلج ،ءءافك

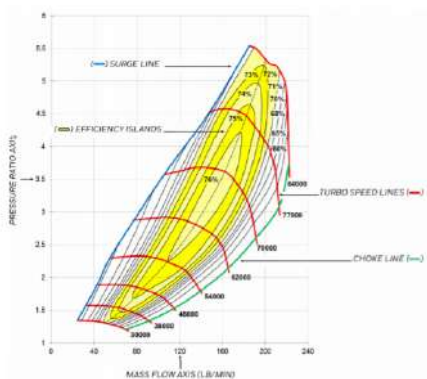


[35] ينينبرولتلا نحاشلا لم 2.38 لكشلا

اهلكايه ىلإ ءفاضل اب ينينبرولتلا تارفشو طغاض ميمصت ينينبرولتلا نحاشلا ريوطت نمضت
ا قفدت ءيفيك ءفرمل (CFD) ءيباسحل ءئلومل الكيمانيد يف تارفشل تاميمصت ليلحت متي
تح يفك ي امب ءريغص راودل نب ءوچفل نوكت نأ بجي يف ،لكايهلا ميمصتل ءبسنلاب ام .ءاوهل
قفدتلا قالزنا لامتحا كانهف ،كلذك رمل نكي مل اذا .ءاوهل قفدت هيجوت نم راودل نكم تي

[33] . يني بروتوالت نحااا لكا هو راوول ءفاا نيب

صملا نإف؁ ددحا يني بروتوالت نحاا لواح تامولول عملا نم دي زمل ءاا كا انه تناك اذا؁ ماع لكشب كلا قفدت لدعم؁ طغاضلا ءبسن نمضتي يذلاو؁ وبروتوالت طغاض اءا فصلي لودج هي دل عن ليصافت مدي؁ طغاضلا ءطيرخ فورعمل؁ لودجال؁ ءءافلا قطانمو وبروتوالت ءعرس؁ ءلت نل؁ طغاضلا اءل؁ ددحا لكشب؁ ءاوهلا قفدت لدعم هي ل نوكتسي اما ءفرعمب حمسي اما؁ ءمهم لودجال ي ف اءال ءلتخملا صئاصلا اب آفرتعم؁ مدم 2.39 لكشلا . ءني عم طغاض ءبسن ل. [34] ءطوالملا صئاصلا لل زجوم حرش دجوي؁ هاندا



[34] طغاض ءطيرخي لءلا م: 2.39 لكشلا

[34] . لخدملا دن قلطملا طغاضلا لي جرخملا دن قلطملا طغاضلا ءبسن: طغاضلا ءبسن

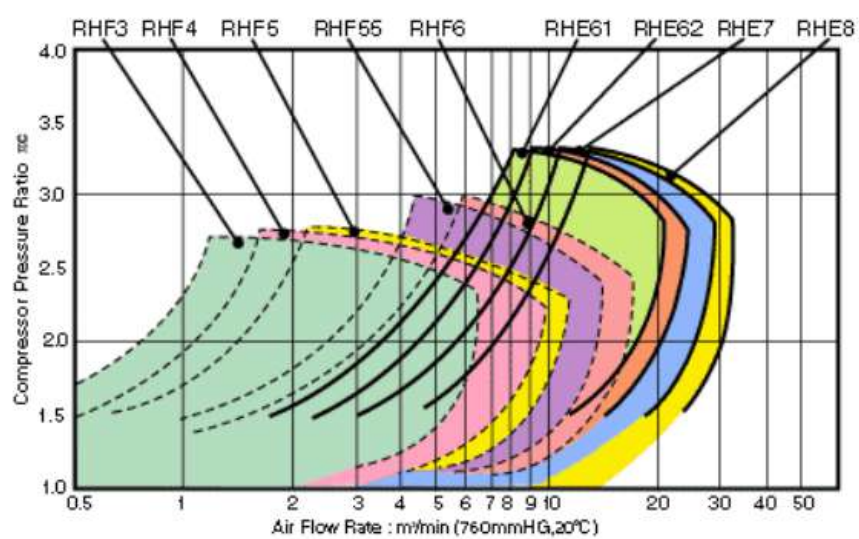
ءني عم ءنمز ءرف لال طغاضلا رب رم تي التا ءاوهلا ءلتك: ءلتكلا قفدت لدعم [34] .

يألا بناجال لي ل دوجوملا؁ رقتسملا لي غشتلا نيبي زي مي يذلا طخلا ددحي: ءافءنالا طخا؁ وبروتوالت ي ف ءءافم لشف لي لي ءؤت دق تي التا قفءتلا رارقتسا مءق ءطنمو؁ طخلا نم نم ل. [34] ري بك ءفء لي مءت نع ءتال

لكمي يذلا ءلتكلا قفءت لدعمل لي صقألا دجال نيبي ل صفي يذلا طخلا وه: قءانءالا طخا؁ ءتلا ءءلعم لي ل طغاضلا ءرءق مء نيبي؁ طخلا نم رسيألا بناجال لي ل؁ طغاضلا ءءلعي نأ ن قفءتلا ءطساوب لخدملا؁ راوول دن؁ ءءي قءت م تي التا ءتوصللا ءاعرسلال ببسب قف [34] . قفءتلا لدعم ءءاي ز قءي عي اما؁

م؁ طغاضلا ءءافكم عم قفاوئت طغاضلا ءطيرخي لي ل زكرملا ءءم قطانم: ءءافكلا رزج [34] . لي ل ءءافكلا تناك؁ رءصأ ءقطنملا تناك لك. قطانملا مءءاب ءزي م

هأن نم مءرلا لي ل؁ 2.40 لكشلا ي ف حضوم وه امك ءل اسرلا هءل طغاضلا ءطيرخي لي ل لوصءلا مء ءل لدعم لي ل لوصءلا بعصلال نم لء اما؁ طغاضلا اءال ءءي قءقءال ءني ايبال موسرلا ءسيلي روتلا ءءوم نل طغاضلا ءطيرخي ءني ايبال موسرلا لءم. ءني عم طغاض ءبسنل قءقء ءلتك قف [36] . IHI RHF F3 وبروتوالت ءءاشم؁ RHBB31 V ZZ21؁ وب



طغاض ةطيرخ RHB31V ZZ1 : 2.40 لكشلا [36]

3 لصف

قيجهنم

نوكم نم نوكم لكل عي نصتال او مي مصتال ايلي مع ذيفنت عيفيكي لى لصفال اذريشي حل ايفيكي احضوم، كرحمالم نم نوكم لك مي مصت متي. ريغصلال يني بروتال كرحمالتا يناثال مسقلل فصت. نوكم لكل ممدختسمال داوماليه امو، مي مصتال داوبال لى عل لوص دوجومال، 3.9 لكشلال يف عيجهنمالم قفدت ططخم مي دقت متي. عراتخمالي عي نصتال ايلي مع 3 لصفال ايهان يف

داعبال ايلي مع 3.1

3.1.1 طغاض

ه يبي رجتل عورشمل اذهل راتخمالم طغاضال. طغاضال دنع يه كرحمالم هذه داعبال دي دحتل ايدبال عطقن . RHB31 VZZ21 جذومن، IHI تاني بروتال عكرش نم و

ني بروت لثم، ةلثامم عي راشم يف ممدختسمالم طغاضال تناك، تايب دال صجف لال خ نم. ربك اءافكو طغض ةبسن مي دقتل يزكرمالم درطل عونال نم، WPI يني بروت واسبمالي نرتنإل ربع ةلوهسب ةحاتم ني بروتال/طغاضال ةعومجم وأ ني بروتال نإف، كلذل لى عوالع ت هنأل أرظن. ىرخأل تاني بروتال اب ةنراقم، أي بسن ةضفخنم ةفلكتب اهؤارش نكمي وت ةل اسرل هذه ري وطلت طغاضال اذه مادختسا مت، لعفلاب هؤارش م

قلل. أقيقد مي مصتال نوكي يكل، ةقيقدل تاساي قلاب طغاضال مي مصت متي نأ بجي مي دقت مهل نكممالم نم نكي مل، كلذل عمو. تاني بروتال يجتنمب لاصتال مت، كلذب ماي ضل اطي رخنع ثحبال لال خ نم تامولعمل لى عل روثعل مت. ةيرس تامولعم اهأل داعبال هذه 2.40 لكشلال يف ةحضومالم [36] ECOTRON -ل ةينفل تافصاومالم ةقيثو يف، طغا

رخ/لخدم رطقو، تارفشال/ءحورمالم عافتراو، ةدعاقال كمس لثم ةيساسأل داعبال سايق مت طقف بولطمالم وه ءحورمالم جورخ رطق ناك، كلذل عمو. رتموركيمالم مادختساب ءحورمالم جو

م هب ةصاخال يني بروت داعبال مادختساب يني بروتل جذومن جاتنإ نكمي، سبماكل أقفو ماك طغاض رطقو، رتميلم 36.6، طغاضال رطق ني ب ةبسن نم هقي قحت مت، سايقم لماع ا لى عل لوصحل مت، ةميقال هذه نم 0.55 غلبت ةيبي رقت ةميقب [29] رتميلم 66، سب كرحمالم عطقل ةردقمالم داعبال

3.1.2 لخدمال جنال ف

ت مت. يجراخال فالغل لى عل عزومالم تبثي يذل طغاضال ءهج نم كرحمالم اءاطغ يه عطقل هذه أل أقفو اهمجج لي دعتم [37] كينيكتيلوب رتيسروو ده عم عورشمل لى اءانتسا اهمي مص فالغل عم مي مصتال بسانت يي كلكل ذو، كرحمالم اذهل يجراخال فالغل او طغاضال اءاطغ داعبال، كلذل لى لى ةفاضل اب. اءج ةريغص ءوجفب يجراخال ف

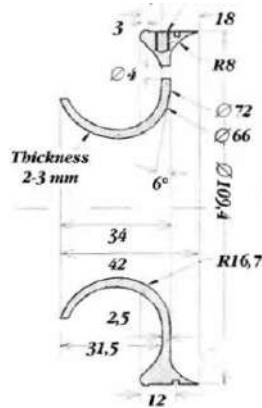
لا نيسحت لجأ نم ،يجراخال فالغل او عزومل بوقث عم قفاوتم نوكتل يغاربلا بوقث لمع مت
نوينوكمال الك نيب قفاوتم.

ن ،ندعالم عون ديدحت نكمي ال ،كلذ عمو .نوكمال اذه عي نصتل ةدامك موينمأل رايتخا مت
ةيطايتحا كرحم ةلتك نم اهذخأ مت ةدامل هذه نأل أرط.

3.1.3 طغاضل اعاطغ

ال بوقث ةمءاومو اعاطغل مجح ةدايز مدع لجأ نم ،عزومل تارفش رطقل أقفو نوكمال اذه ميمصت مت
ال أبجي .طغاضل بعوتسي يذل عزجل ال للاقنتال مت ،م. عزومل تارفش بوقث عم يغارب
[29] . ةلوبقم تءافك قيقحتل رتميل لم 0.3 طغاضل اب طيحمال لخدمال يف ةوجفل زواجتي

حسم عارجا بجي ناك ،لمحتل ةاعارم عم طغاضل اعاطغ ميمصت يف حاجنل لجأ نم ،كلذ عمو
مىل لوصحل نكمم ال نم نكي مل هنأل أرطن .راودل طغاضل اعانحن ديدحتل ،طغاضل 3D
كشل يف .طغاضل جرحم او زفحمال رطقل رئاود لمع لالخن نم اعاطغل ميمصت مت ، 3D حس
ميمصت ال اذهل ةيادبل ةطقن دجوي ، 3.1 ل



[29] طغاضل اعاطغ 3.1: لكشال

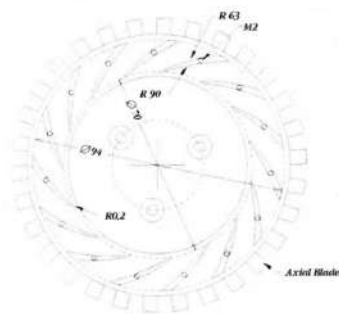
تا مت ،كلذل .موينمأل ال يه عزجل اذهل اهب صومل ةدامل ،اهصحف مت يتل تايتبدال يف
موينمأل عون تافصاوم ةفرعم نكمي ال ،فسألل .ةدامل هذه مادختساب انابل رارقل داخ
ةيطايتحا كرحم ةلتك نم أضيأ هذخأ مت ثيح ،

3.1.4 عزوم

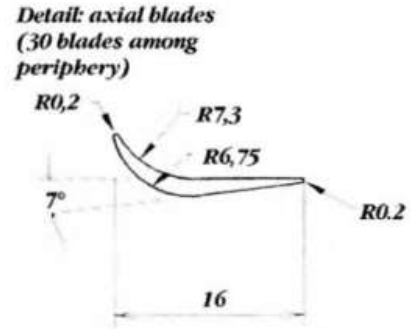
طمن رايتخا يه لوال ةوطخل تناك .عزومل يه ميمصت يف أي دحتو أدققت رثكأل ةطقل تناك
ةميقتسمل تارفشل نيب رارقل داختا بجي ،تارفش ناك اذلو ،تارفش وأ تارفش الب :عزومل
،تايتبدال يف اهتطحال مت يتل ةلثمأل نم .نيفس ل لكش لىل تارفشل وأ ماملل ةيحنمأل وأ
ا ،تيتبثتال ريماسم رابتعالا يف ذخال عم نيفس ل لكش لىل تارفش وذ عزوم ميمصت رايتخا مت
[29] . زاغل قفدت برست بنجتو عزومل اب قاصتل اب طغاضل اعاطغل حمست يتل

،سبماك ساموت باتك .سبماك عزوم لىل اعانب عزومل داعبأ ديدحت مت ،الوأ

3.2 و d 3.3 لكشال يف ضرورعمل ،روحمل ةرفش فلم مضتو عزومل داعبأ لىل ريشت [29]



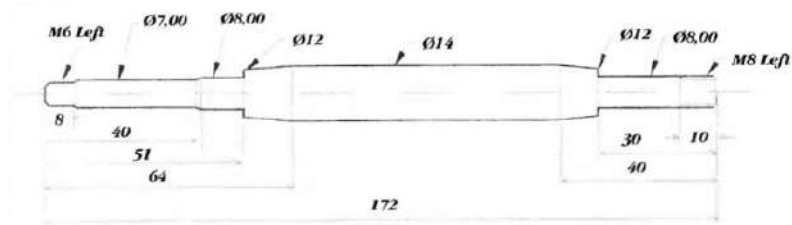
[29] غزوم: 3.2: شكله



[29] غزوم: 3.3: شكله

3.1.5 دوغمة ايواحو دوغمة

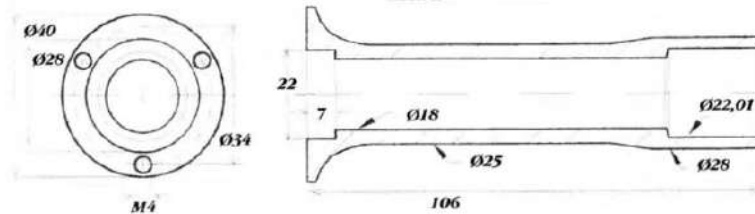
وأسوبم يولوأ AMT ، KJ66 لثم قريغصل اي نيبروتل تاكرحملا قديمي ماصت قعجارم دنغ ومغلا داعبأ دي دحت مت ،كلذل .أي بسن قريواستم تناك مي ماصتلا نا طحول ،سبم اك كرحم 3.4. شكله ل ي ف حضومال سبم اك دوغمة داعبأ ليلقت قيرط نغ د



[29] دوغمة: 3.4: شكله

مغلا يبناج الك لى لغلم حملا عض ي امم ،لماحملا دعاقم ي ف ناعقي ،نيلحم دوغمة بعوتسي مت ،دوغمة اذه جات نال .كرحملا نم اهنم لك حجاب لماحملا بسانتل قصصخم تاوطلخا .دو أقحال اهتجل اع م متيل قدامك أدصلل مواقملا ذالوفلا نم بيضق ذات

زومال طبرتلو ،نيلحملا عم دوغمة اهلخاد يوتحتل ،دوغمة لثم ،دوغمة ايواحو مي مصت مت اب أضي أهت ي ب ث متيس ي ت لا ،ت ب ث م لا ايواحو عم ،قريواحو لى ع ي غاربلا ب ت ب ث م لا ،ع س د د ح م لا مي مصتلا ن ف ،دوغمة ايواحو مي ماصت عونن نم مغرلا لى ع .قريواحو لى ع ي غاربلا ي غاربلا ل ع ح اسم كرتل قريواحو نم ن ي ف ر ط لا الك ي ف عاستا عم ،أميقت سمو أطي سب نو كي ا ي ق م عم ف ي ك ت ل لال خ نم داعبأ ل دي دحت ذيفن مت .ت ب ث م لا ايواحو ع زومال ت ي ب ث ل 3.5. شكله ل ي ف اهل ي ث مت مت ي ت لا دوغمة ايواحو داعبأ ان س

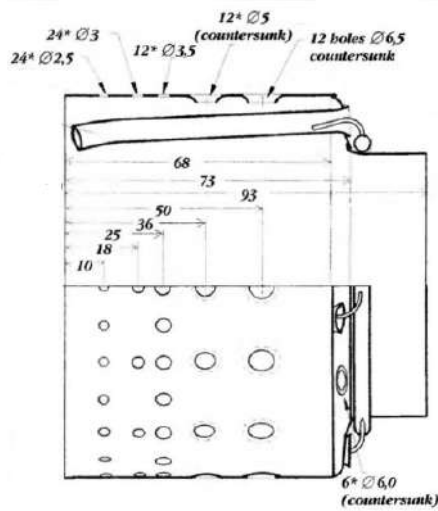


[29] دوغمة ايواحو: 3.5: شكله

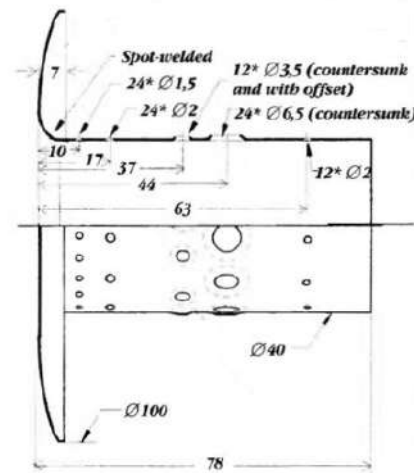
رحم قلةك نم هبحس مت هنأل هدي دحت نكمي ال هعون نكل ،موي نم لأل نم عون صم housing دوغمة ايواحو طايحتا ك

3.1.6 قارت حال ة فرغ

يتل تاي بدألل أقفو . ةي رءاد ة فرغ وه لثمأل ربُتعا يذل قارت حال ة فرغل مي مصتلا ناك هس تس ، رخآ ينع م ، اهتيل معو طيس بل اهمي مصت ل لضفأل رايل ال اهنأ دب ، اهت عارم مت ، قارت حال ة فرغ مي مصت يتي أي ، كلذل لعل ةوال ع . يرخلال عاوانأل اب ة نراقم عي نصتلا ةيلمع ل رايتخا ناك ، مي مصت نيسحت سيل فدهل نأل أرظنو ، ةي بي رجت تاناي ب نم ، ماع لكشب غ لعل ءانب اهمي مصت ررقت ، كلذل . ةمكح رثكال رايل ال وه حاجنب اهرود تدأ دق قارت حال ة فرغ وكنت . ةفرغل هذه بسانتل اهتاحتفو اهمج ليدعت عم ، سبم اكب ةصاخل قارت حال ة فرغ سو بولطمال رطقل اب بوبنأ ي ةل كشم مم 0.5 كم سب أدصلل ةمواقم ةي ذالوف ةقرو نم ن قارت حال ة فرغ مي مصت حضوي هاندأ 3.7 و 3.6 لكشل . ةفل تخم راطقأب تاحتفلال نم ةل سل قارت حال ة فرغ . [29] هيلل دامتعال مت يذل



[29] يجرخال بهلل ابوبنأ: 3.6 لكشل



[29] يلخال بهلل ابوبنأ: 3.7 لكشل

اطقأ ليلقت مت . ربكال ابوبنأل لخاد لخدي ، رغصأ ابوبنأ امهدحأ ، ني ابوبنأ لعل يوتحي ل كرحمال اذهل ةبسنلاب ، ةبسانم ةفاسمو مجح ل بوقثال ني ةفاسملاو بوقثال ريغصلال ني بروت

3.1.7 دوقول عزوم

حال ة فرغ ي فريخبتل بي بانأ ل دوقول عي زوتب موقي ، مسال ري شي امك ، دوقول عزوم هسفن ، أبيرقت ، وه مي مصتلا ، اهتيؤر مت يتيال ةريغصلال ةي زاغل تاناي بروتل نم . قارت تي بثت متي . ةممصمال قارت حال ة فرغل ، بسانم رطقب ، نقح ةقلح مي مصت مت ، كلذل عتم تانقح اهلو ، ني بروتل بناج ي قارت حال ة فرغ نم يلخالال بناجل لعل نقحال ةقلح بع رمي ابوبنأ لصتم يجرخال رصم نم دوقول يتي أي . ريخبت ابوبنأ لك عم قفاوتت ةدد ونصم دوقول عزوم . نقحلل ةقلح ابضأي طبترتي شيح ، قارت حال ة فرغ ل يجرخال الفال ر [29] م 3 م رطقب أدصلل مواقم ذالوفال نم ابوبنأ نم ع

3.1.8 ةهوفال تارفش ماظن

بروتل لعل قفدتل هي جوت ةداعاب ، لكيل ال ي ةتبثمل ، تبثمل وأ هي جوتل فناعز موقت ةمزالال ةحاسم ال هيل نوكل ممصم ، هي جوتل فناعز لعل ةئاوتح لعل ةفاضل اب ، لكيل ال . ني ةءافكال رثأت ال شيحب ، ةتباث ني نوكل ني ب ةجفل لعل ظافحل عم ، ني بروتل روديل

[38].

[29].

تت SK، كرش نم ،أصلل مواقم ذالوفل نم ققيمع دي داخ اذ ةيورك لمحمل رايتخا مت
ود تدار املك ،نأل قيلال عارجل تاجردل عمواقوم [39] ققيقدل يف ةرود 120000 o ىتح لمحم
نأ بجي ،لمحمل بسانم لايغشلتا لجأ نم . [40] لمحمل عارح ةجرد تدار ،ققيقدل يف ةر
فل نم ني عي فر ني بوبنأ ذيفنت لالخنم ءاشنإ بجي يذل او ،ميحشت ماظن كانه نوكي
اج لك نم بوبنأ لك لخددي .تيز ءضمب ني لصتم ،دومعلا قيواح ىلع أصلل مواقم ذالو
يجراخل اعزل ربع بىبانأل رمت .ميحشتلا ءدام لقنل ،لمحمل نم بن

دومعل أيواحي ف اهل اخلإ م ،عزومل فلخ إلإ ،م ث أيواحل

نل ب روتل ب ن ا ج ر ب ع دوقول ع يزوت ق قل ح ن م د ت م ي دوقو بوب ن أ ط س اوب دوقول ن ق ح م ت ي
ن ا إ ل إ ك ل ذ د ع ب دوقول ل ق ت ن ي ،ع يزوتل ق قل ح د ن ع .ي ج ر ا خ ل دوقول ر د ص م إ ل إ ف ا ل غ ل ن م
ق ف ل ت خ م ع ا و ن أ إ ل ع ل م ع ل ا ب ك ر ح م ل ل ح ا م س ل ل ق ا ر ت ح ا ل ا ق ف ر غ م ي م ص ت م ت .ر ي خ ب ت ل ب ي ب
ق ل ئ ا س و أ ق ي ز ا غ ق ل ا ح ي ف دوقول ن م

3.1.12 ي ج ر ا خ ل ف ا ل غ ل

ر ت م ي ل ل م 0.5 ك م س ب أ د ص ل ل م و ا ق م ل ذ ا ل و ف ل ن م ب و ب ن أ ن م ك ر ح م ل ا ذ ه ن م ي ئ ا ه ن ل ا ع ز ج ل ن و ك ت ي

ف ا ل غ ل ر ب ع ر و ر م ل ن م ي غ ا ر ب ل ن ي ك م ت ل ب و ق ث ل ا ض ع ب ل م ع م ت ،ط غ ا ض ل ب ن ا ج إ ل ع . [29]
ف ر ط ل ا ي ف .ع ز و م ل ا ع م ي ج ر ا خ ل ف ا ل غ ل ا ت ب ث ي ا م م ،ي غ ا ر ب ل ا ت ي ب ث ت م ت .ع ز و م ل ا إ ل إ ل و ص و
ث ي ح ،ن و ك م ل ا ذ ه م ي م ص ت .ق ه و ف ل ه ي ج و ت ت ا ر ف ش ب ي ج ر a خ ل ف a ل غ ل ا ت ي ب ث ت م ت ي ،ر خ آ ل
ل ا إ ل ع ء ا ن ب ه ص ي ل ق ت ل ق ا ح ك ا ن ه ن ك ي م ل ،ا ه م ي م ص ت م ت ي ت ل ا ت ا ن و ك م ل ر خ آ ن م أ د ح ا و ن ا ك
ا د ل و م ،ف ا ك ل ك ش ب ،ي ج ر a خ ل ف a ل غ ل ا ي ط غ ي ن أ ب ج ي ،ي ر خ آ ل ا ت a ن و ك م ل م ي م ص ت ع م .ت a ي ب د أ
ز a غ ل .

3.2 ع ي ن ص ت ل ق ي ل م ع

ا د ي ف ل ا ع ط ا ق م و ا ه ت ع ج ا ر م م ت ي ت ل ا ت a ي ب د أ ل ا إ ل إ ا د ا ن ت س ا ،ق ل ا س ر ل ا ه ذ ه ل ا ن ب ل ا ت a د ا ش ر a م س ق ت
ن ا ز ي م ت ي ،ن ي ي ع ر ف ن ي م س ق إ ل إ ،ق ي ج ذ و م ن ل ا ت ا ر ئ ا ط ل ا ت a ك ر ح م ع ي ن ص ت ن ع ت ن ر ت ن إ ل ا ر ب ع و ي
م ل أ ل ا ي ه إ ل و أ ل .ك ر ح م ل ل م ز a ل ل ا ت a ن و ك م ل ا ج ا ت ن إ ل ن ي ت م د خ ت س م ل ن ي ت ي س ي ئ ر ل ن ي ت د a م ل a ب
أ د ص ل ل م و a ق م ل ذ a ل و ف ل ا ي ه ق ي ن ا ث ل a و م و ي ن

ا ه ذ ه ج a ت ن إ م ت .ع ز و م ل a و ،ط غ ا ض ل ا ط غ و ،ل خ د م ل ا ج ن a ل ف ي ه م و ي ن م ل أ ل ن م ق ع و ن ص م ل a ت a ن و ك م ل
ع a م ت .ق ي ر و ح م ل a C N C ط a ر خ ل ا ق ل آ ي ف ،ع ي ن ص ت ل ر ب ت خ م ،U B I ي F A B L A B ق د ع a س م ب ،ع a ز ج a
ن ص م ت ا ذ ا ا ه ت ل د a ع م ل ي ح ت س م ل ن م ي ت ل ،ج a ت ن إ ل ا ق د ب ب س ب ك a ن ه ك ل ذ ب م a ي ق ل a ر a ب ت
ل a ق ل آ ط س a و ب ب و ل ط م ل a ن و ك م ل a ج a ت ن إ ل .ق ي و د ي ل a ط a ر خ ل a ت a ل آ م a D خ ت S a ل a ل خ ن م ،أ ي و D ا ه
ت l ج ا م ن ر ب ن م ه ي ل ل و ص ح l م T .s t p .ق ي س ن ت ب أ ف ل م ر م أ ل a ب ل ط ت ي ،ق ي ر و ح M C N C ط a ر خ
ك ل ي و ح ت م ت ي ،ق ي ل م ع ل ه ذ ه ل a ل خ ن م .ظ ف ح l ت a ر a ي خ ،ا ي ت a ك ج a م ن ر ب ،ق l ا ح l ه ذ ه ي ف ،م ي م ص
ق ي ا غ ل ل ض ف خ ن م ي ل ي غ ش ت أ ط خ ش م a ه ع م ،ع ق و ت M ل ك ش ل l إ ل إ ق ر ي D ت S M ل م و ي ن م ل أ ل l ت
ط a ر X l a ق ل آ ل ي و D ي l l ي غ ش ت l a ل l خ ن م D و M ع l ا ي و a ح a ش ن إ م ت ،ك ل ذ ع M

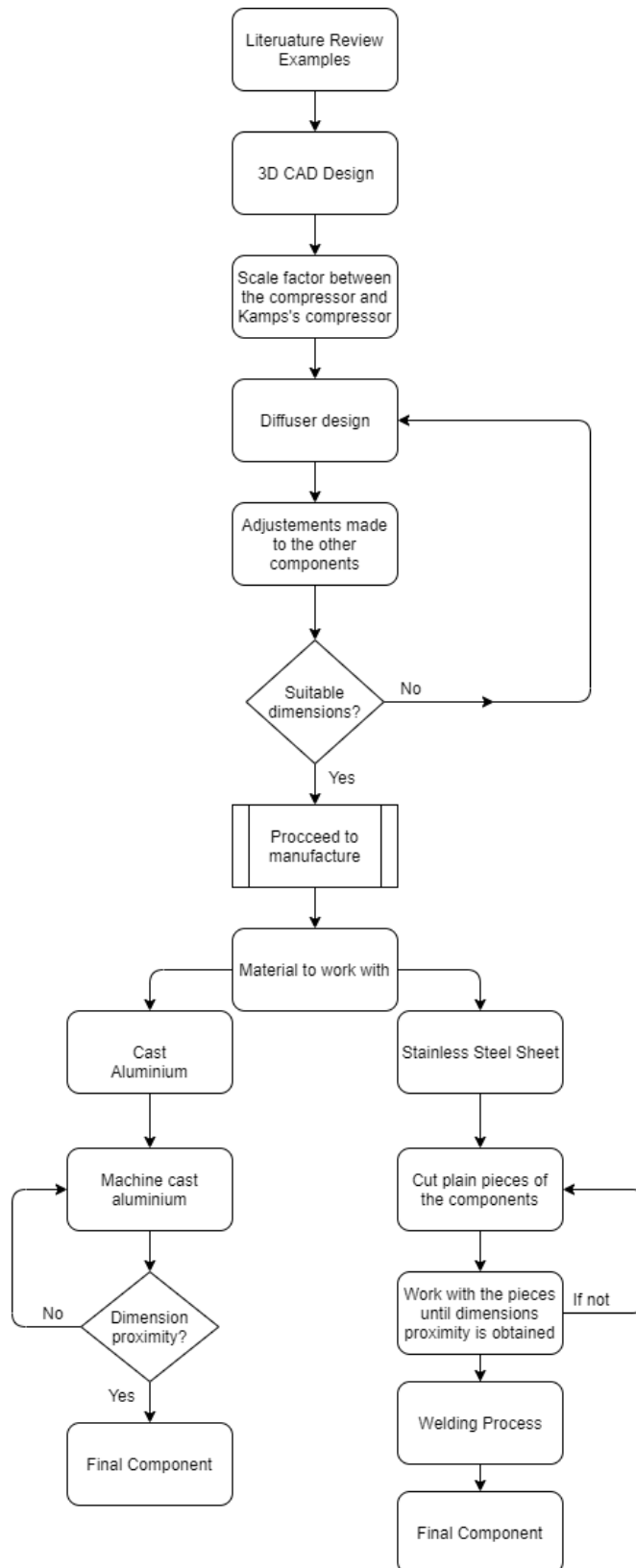
ي D و M ع l ر ف ح l a ق ل آ M a D خ ت S a B أ D ص ل ل M و a Q م l ذ a ل و F l N م ق ع و ن ص M ل ر ص a ن ع l ع ي ن ص ت M
M ص M l ع ط ق l a ص ق ل آ ل و أ M l a ع ط ق ق ل آ M a D خ ت S a M ت .M l a ع ط Q ق ل آ و ،ق ف a ف l و ،ط a ر X l a ق ل آ و ،
ا م س ر B ج ي ن a ك ،ي l a T l a B و ،أ D ص ل ل M و a Q م ق ي ذ a ل و F ق Q ر و N م ع ط Q l a ص ق M ت .ن و K م ل ك ل Q م
l ل ك ش l a ق ي ق ح T l أ ق ح a l ا ه ي ل ل M ع l M ت ي T l a و ،ح ط S M l a ه ل ك ش l ع l ع M م ص M l a T a ن و K M l
l إ ي M ت N ت ي T l a ،ح ط S M l a ع ط Q l a ي F ب و Q ث l a ر ف ح ي ه ق ي l a T l a ق و ط X l a T n a K .ب و L ط M l
ح l a ق ل آ M a D خ ت S a B ب Q a T M l a ع N ص M ت .Q a R T ح a l a ق F ر غ و ،ي ج R a X l a و l ي ل X a D l a ب ه l l a ب و B ن أ ي
ق ي D و M ع l R ف

م a ط ن ،D ي D ح T l a B و ،ق ي ن ع M l a T a ن و K M l a إ ل ع أ Q ح a l "ح ط S M l a T a l a S غ l a" T ي B ث T M ت ي S
T ي ه ق ي l a T l a ق و ط X l a T n a K .ف a ل غ l a و ،Q a R T ح a l a ق F ر غ N م ي F l X l a ع Z ج l a و ،ق ش ي ر ق ه و F l ي ل D
l a R ط Q l a إ ل إ F a l G l a و ،ق ش ي R ق ه و F l ي L D م a ط N و ،Q a R T ح a l a ق F ر غ N م ح ط S M l a ع ط Q l a ل ي K ش
l l "ح ط S M l a T a l a S غ l a" M a ح l M ت ،ع a ه T n a l N م ق ع ط Q l a ل ي K ش T ق ي L M ع B a R T ق a ع M .ب و L ط M
ق د ع a S M B ،D و M ع l ،ر ي X l a N و K M l .ح ط S M l a T a Q l ح l a و B ي B a N أ l إ ل ل و V ح

ريغص يني بروت كرحم عي نصت و مي مصت

ةطارخ لآ مادخت ساب هعي نصت مت ، داعب أل اي ئانث مسر مي مصت

زومل اي ف مدخت سمل ك لذل هباشم ءارج ا مادخت ساب اهعي نصت و ءازجال مي مصت مت ،ماع لكشب
3.9 لكشل اي ف حضوم وه امك ،ع



عزوم المي مصت ءارجا: 3.9 لكشلا

4 لصف ال

ةي لم ةل اح

صت ل ةفاضل اب ، تانوكم ال داعب أ دي دحت نم جئاتن ال مي دقت متي س ، لصف ال اذه في
ت مت فيكو ، تانوكم ال ل لوصحل ل ةعبت الم عي نصت ال ةي لم ع حرش متي س امك . اهمايم
ق.معب ، اهل ي كش .

داعب أل جئاتن 4.1

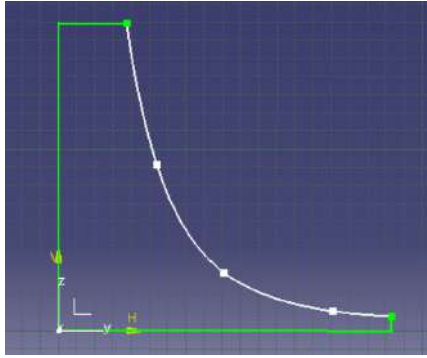
قحل الم ا في ، عي مجت ال مي صت عم ري غصل ال ني بروت ال كرحم ل ةي ئاهن ال داعب أل فصول
ي رجت ال تاناي بل ةنراقم لال خ نم ، أقباس هركذ مت امك ، داعب أل دي دحت ذي فن ت مت . جو ب
اغ عبت مل ي تل عطق لضعب كانه . مي صت ال اذه ل ع ا هدامت عاو اهت نراقم مت ثي ح ، ةي ب
مت . تانوكم ال عي مج ءانثأ تي رجأ ي تل ال تال ي دعت ل ببسب ، ةق دب ساي قم الم ل
ارت مت تانوكم ال عي مج ت ناك اذا ام قق ح ل ل ، ءازج أل عي مجت مت ام دن ع مي صت ال نم ءاهت ال
ح.حي حص ل كش بسانت و ةص .

ري غصل ال ني بروت ال كرحم ل جذومن مي صت 4.2

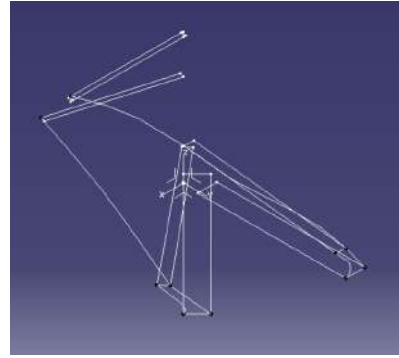
م ني ب ، قبال ال 3 لصف ال ي ف زاجي اب ري غصل ال ي زاغل ال ني بروت ال اذه تانوكم مي صت حرش مت
ل داعب أل او لكش ال ل لوصحل ل ةب طم ال مي صت ال تاي نقت فصول متي س ، مسقل اذه في ا
V 5R18 اي تاك جم ان رب مادخت ساب ططخم ال حي صوت متي س . ي زاغل ال ني بروت ل ل ةنوكم ال ءازج أل
، Dassault Systèmes ةك رشل كولم الم .

طغاض 4.2.1

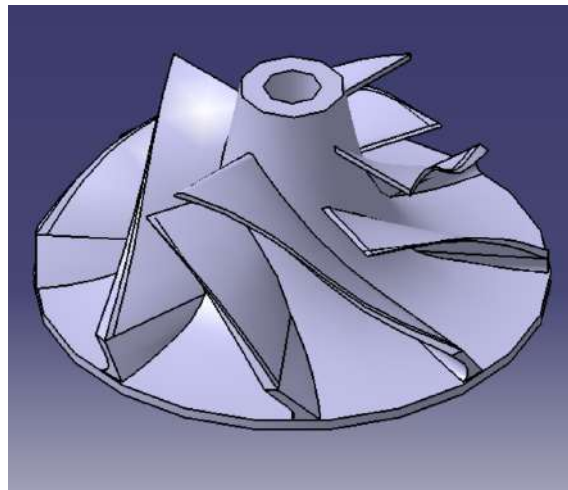
قأ لي وحت عم ، اي تاك جم ان رب ي ف هراك ت ةل و اح تم تو هم هفل أي دحت طغاض ال مي صت ناك
شل ي ف حضوم وه امك طغاض ال ساسأ مسر مت ، ءدبل ل . ةي ئاي زيف ال داعب أل نم نكم ردق ل
ا تارفش في رعت فلم ، ي رصب روظنم نم ، مسر مت ثي ح ، CAD دوم ةي لم ع كل ذ ال ت . 4.1 لك
شل ءاشن إل ماسق أل ددعت م بل ص ل ق ي ب طت مت ، أري خ . 4.2 لكش ال ي ف دوجوم ال طغاض
تل ، طغاض ال رب ع ، بقث عم ماعل ال مي صت ال ي هنأ ام ، ي طي طخت ال مسرل نم ةبل ص ل تارف
4.3 لكش ال ي ف حضوم ي ئاهن ال جت ن الم . دومع ال بسان



CAD طغاض دومع دوعلي ماع: 4.1. لكشلا



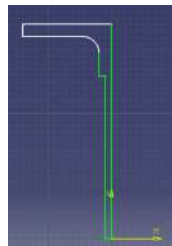
CAD طغاض تارفش مسرر: 4.2. لكشلا



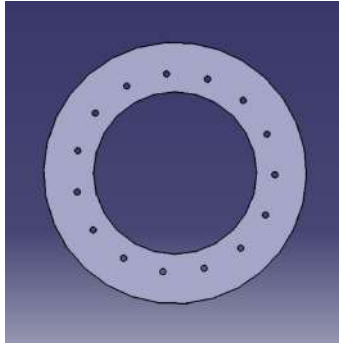
CAD طغاض ضرع: 4.3. لكشلا

4.2.2 لخدمال جنال ف

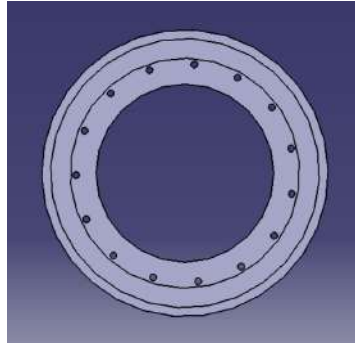
ارم عم، يطي طختلا مسررلا مي مصت مت، ءدبلل، ارشابم و اطي سب ةنوكملا هذه مي مصت ناك
ملا ري فوت مت، لكذى لى ةوالع. جي حص لكشب بسانتي شي حب، طغاضلا ءاطغ داعب ةاع
لكشلا، لخدمال جنال ف مسرر قيبطت مت. جي جراخلال فالغل او عزوملا لي صوتل ةيفاكلا ةحاس
4.7 و 4.6 و 4.5 لكشالا يف حضوملا بلصلال لكشلا لىل اهل كشامم، دومع دوعلي ماع يف، 4.4 ل
جي جراخلال فالغل او (ي مامالا بنجال) عزوملا اب اهتي بثل بوقثب ةبوصم
4.8 لكشلا يف ةمصملا ةعطللل يرت موزي ضرع حيضوت متي. (ي بنجال ضرع)



CAD طغاض ضرع: 4.4. لكشلا



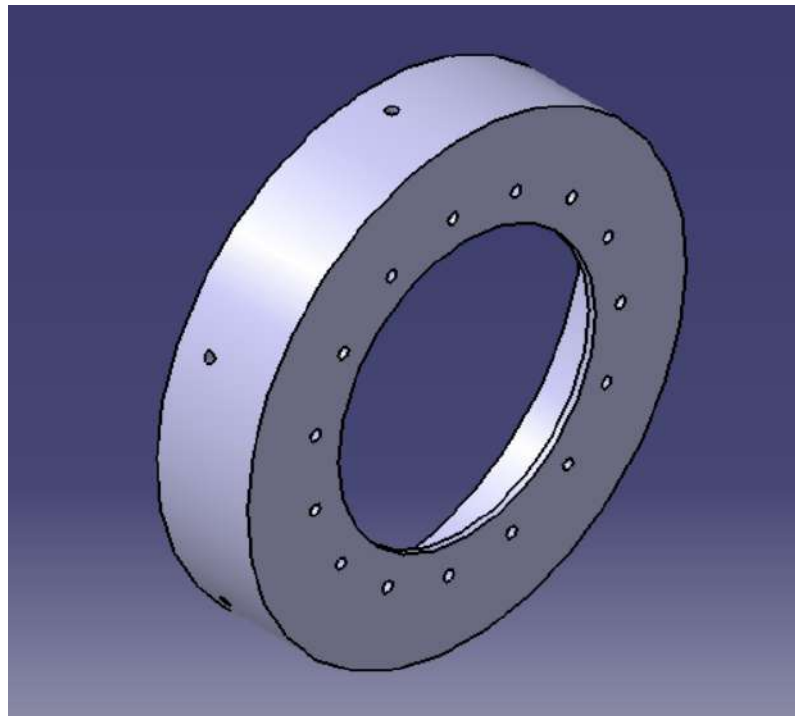
لخدملل يمامأ ضرع: 4.5. لكشلا



لخدملل يفلخ ضرع: 4.6. لكشلا



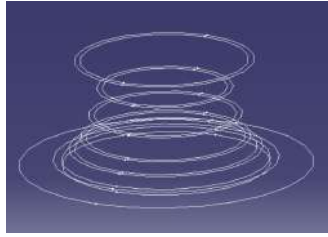
لخدملل يبناج ضرع: 4.7. لكشلا



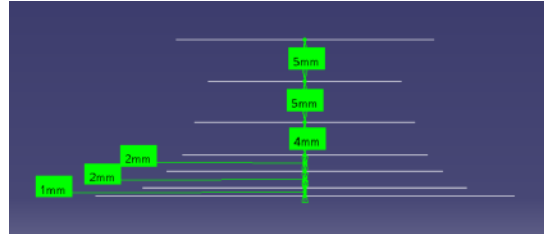
لخدملل سايقلا يواستم ضرع: 4.8. لكشلا

4.2.3 طغاضلا اءاطغ

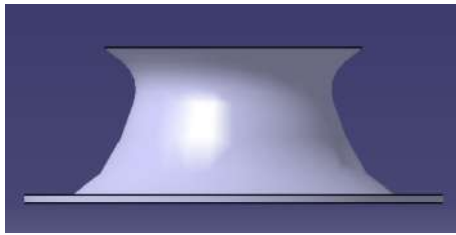
لكشلا مادختساب هميمصت مت . طغاضلل جرخملاو زفحملا راطقأ ىلع هميمصتلا اذه دمتعي حملا مسر مت . 4.9 لكشلا يفةمدمقلا تاموسرلا نم أديفتسم ،ماسقألا ددعتم بلصلال اردجلاو راودلا نيب لمحتلا ؤوجف نم رتميللم 0.3 m رابتعالا يفة ذخال عم ةيلخادلا تاطي بلصلال لكشلا قيبطت دنع ،ةيجراخلا تاطيحملا هميمصت مت . طغاضلا اءاطغل ةيلخادلا ن [29] هب ىصوم وه امك رتميللم 2 كمس ريفوتل ،ةبالصلا ةفيظو ةلازاو ماسقألا ددعتم لا فصي . جرخملا عافتراو طغاضلا تارفش عافترا لة بسنلاب تاطيحملا عافترا مسر مت ت دعب بوقثلا لمع مت ،كلذ ىلع ؤوالع . عافترا لة تاسايق عم تاطيحملا مسر 4.10 لكشلا غ هميمصت ضرع متي . عوملا ىلع تيبتثلل جرحصلال رطقلا عم ،بلصلال جتنملا هميمص لكشلا ، يفلخلا ضرعلاو ، 4.11 لكشلا ، يبناجلا ضرعلا عم 4.13 لكشلا يفة طغاضلا اءاط 4.12.



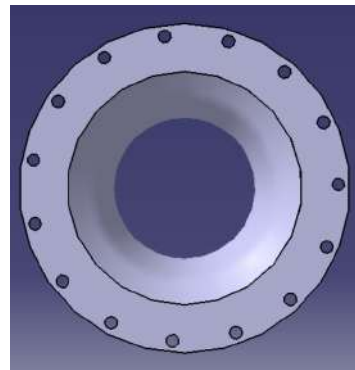
طغاضالاءاطغ ماسر : 9. 4 لكشال



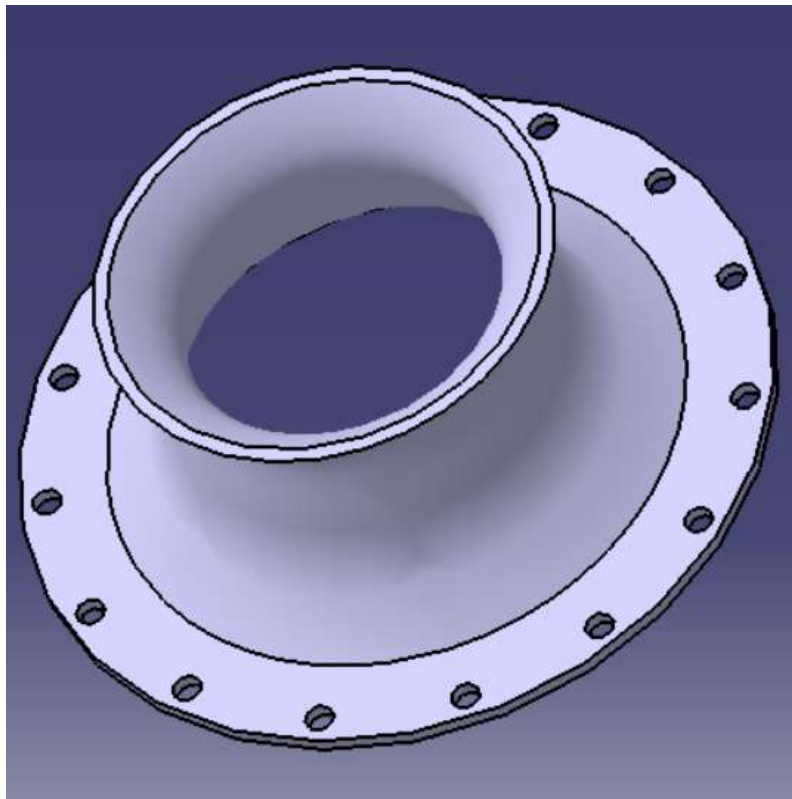
طغاضالاءاطغ ميمصت تايوتسم عافترا : 10. 4 لكشال



طغاضالاءاطغل يبناج ضرع : 11. 4 لكشال



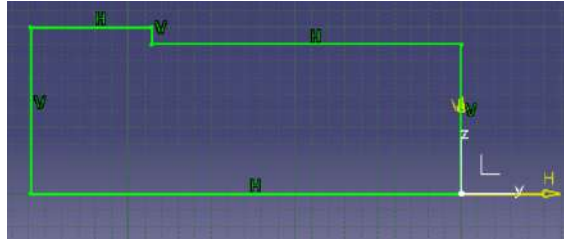
طغاضالاءاطغل يفلخ ضرع : 12. 4 لكشال



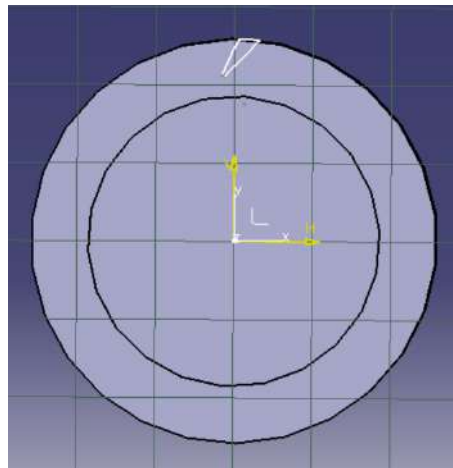
طغاضالاءاطغل يرتموزي ضرع : 13. 4 لكشال

عزوم 4.2.4

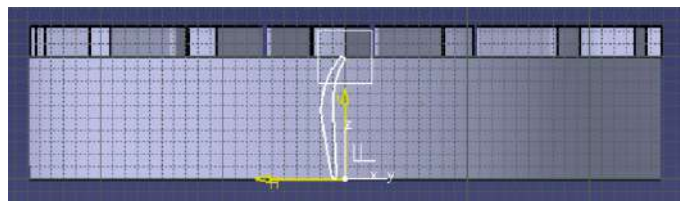
فشو ةيروحم ل تارفشل ءاشن إ متي شيح ، ةريغص ةن اوطسأ يه ةعطقل هذهل ةيادبل ةطقن م ل سبم اك ساموت باتك نم اهب ي صومل اياوزل او داعبال ةاعارم عم ، نيفس إ ل كشل تار اباي تسال ةصصخم ل ةحاسم ل عم ةدعاق ل ميمصت مت 3. لصف ل ي ف ، أقباس هيل إ راش ل تارفشل او نيفس إ لكش ل ع ل تارفشل ميمصت اهيلت ، دوم عل ليغشت ربع ، طغاضل 4.15 لكشل او 4.16 لكشل ي ف حضوم وه امك ، ةيروحم



عزوم ل ةدعاق : 4.14. لكشل

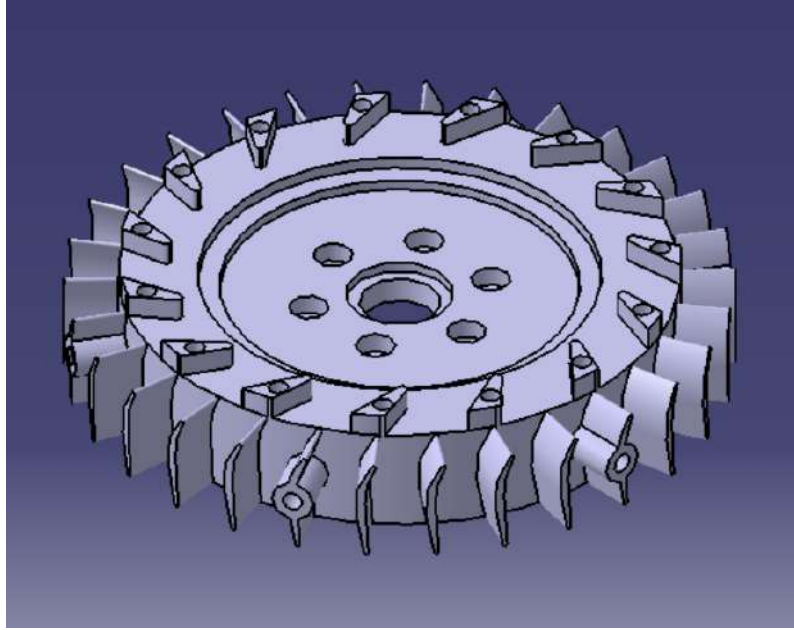


ي طورخم ل لكشل تاذ عزوم ل ةرفش : 4.15. لكشل



عزوم ل روحم ل ةرفش حانج : 4.16. لكشل

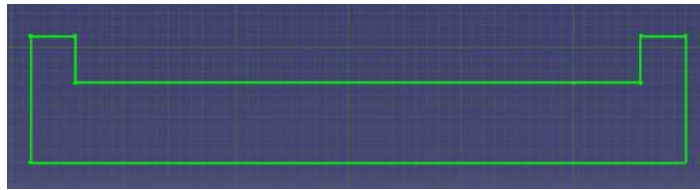
م ةرم 1.15 لداعت ةوجف ، 4.15 لكشل ي ف حضوم ل ، نيفس إ لكش ل ع ل تارفشل ءاطع إ مت ل بوقث ل ءاشن إ لال خ نم ، 4.17 لكشل ، عزوم ل نم ءاهت نال مت . [29] طغاضل ةلج ع رطق ن ي. ج راخ ل فالغل او دوم عل ةيواح ي ف هتي ب ثت



عزومل یرتموزیإ ضرع 4.17 لكشال

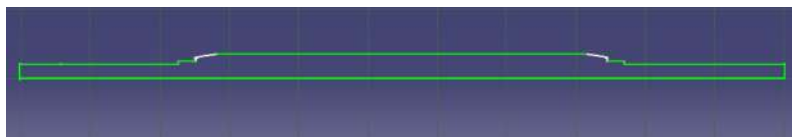
4.2.5 دومعال یرواحو دومع

ةفرغو NGV- لایمصاصت لامتكال ةجیتن اهیمصت مت یتالیولوالایه دومعال یرواحتناك لالاعم، عزومل او NGV- لایب طبری بلصل لكییه میمصت وه فدهلناك. عزومل او قارتحال داعباب ینیبروت انا ب یف ةمدختسملا، یرخال تایواحل ینبل ماعل میمصتلاب مازت ةمءالم رثكأ أمیمصت ناك ثیح، ةماقتسا رثكأ میمصت رایتخا مت، ةیادبالایف. ةریغص رصانعك، لیماوص ةطساوب ةدودشم یغارب مادختساب، NGV- لایا عزومل ىلع تیبتلل س نیقتلح نم نوكتت. ةدوسمل ذیفت مت، میمصتلالایف ریکفتلادعب. تیبتل ن مت. دومعال یرلمع مادختساب هیمصت مت، طوغضم بیضقب نیطتبرم، نیتكیم 4.18 لكشالایف حضوملایطیطختل مسرلالىلع ةیلمعال هذذی



دومعال یرواحلایطیطخت مسرر 4.18. طلكشال

ملایرفوت ىلإ ةفاضلإاب، NGV و عزوملاب لكیهلایتیبتتل بوقت لمع مت، كلذدعب ل، نیبروتل ةهجنم، لكیهلانم یلخالل اعزلایدمت مت. لماحملاعم دومعال یررمتل ةحاس لمع مادختسالاخ نم، دومعال وهو، یناثلل اعزلایاشنإ مت امك. فالغو لبحل ةحاسم ریفوت 4.19 لكشالایف حضوملای، لالتلایطیطختل مسرلالىلع ةقبطمال، دومعال یر

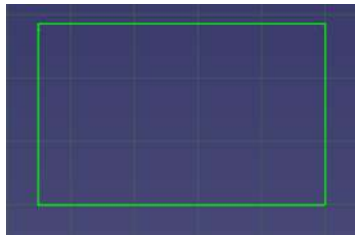


غللایطیطخت مسرر 4.19. طلكشال
دوم

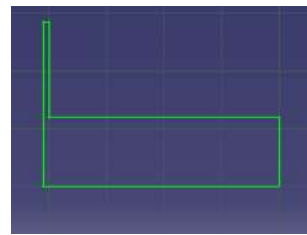
دومعلا اهب رمي يتل، ءازجال اعي مجتو ميمصت مت امدنع دومعلا لوط ىلع لوصحلا مت
ذدعب. دومعلا ل لوطلا سايق متو عيمجتلا عضو مادختسا مت. ةحيحصلا عقاوملا يف
ج. قحلملا يف حضوم وه امك، لىلعفلا نوكملا ميمصت لمثك، كل

4.2.6 قارتحالا ءفرغ

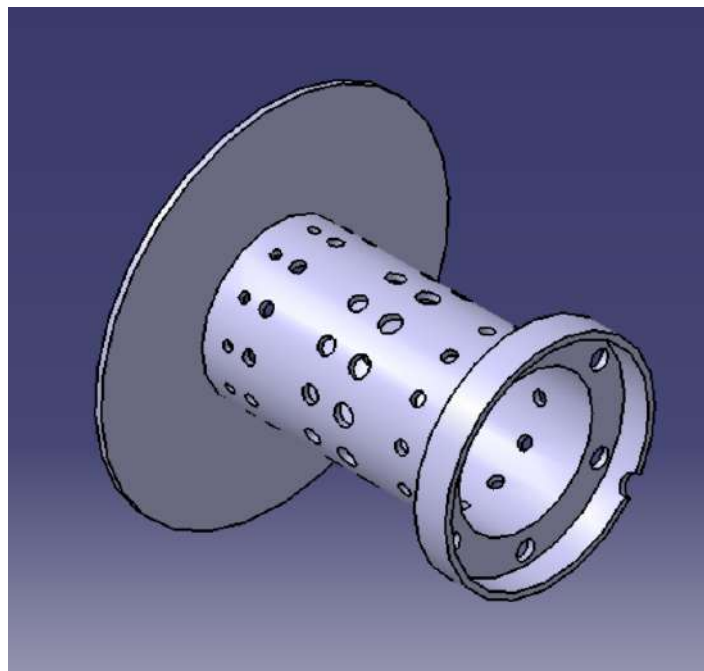
72 عيزوت مت ثيح، أبقت 132 يل امجإ عم ني بوبنأ نم نوكتيو، ديدحتلا لهس ءزجال هذه
بتملا أبقت 12 و ءطسوتملا ءقطنملا يف أبقت 48 و، ءىلوالا ءقطنملا ءقطنملا يف أبقت
رطق ىلع لوصحلا يه اءاخذتا بجي يتل ىلوالا ءوطخل تناك. فيفختلا ءقطنملا يف ءيقي
ءارجإل سفن ءابتا مت، لىلءال بولل بولنأ ءبسنلاب. هلوطو يءراخل بولل بولنأ
ل ءفاضلإاب، هميمصت ىلإ قارتحالا ءفرغ يفرط دءال ءاطغلا ءفاضلإا مت هنأ نم مغلرلا ىلع،
لإ ءدانستسا، دومعلا لىلغشت مادختسا لالخن ميمصتلا لامكإ مت. دوقولا ءزوم ءقلح معدى
ا ءفاضلإا مت. 4.43 لكشلاو 4.44 لكشلا يف حضوم وه امك، مهب ءصاخلا ءىلوالا تاموسرلا ى
ف حضوم وه امك، أءال همائل مئيل بسانم رطقب، ميمصتلا ىلإ دوقولا ءقلح ءزومل معدل
4.23 لكشلا، لىلءال بولل بولنأ ىلع ءماع ءرطن عم 4.22 لكشلا ي



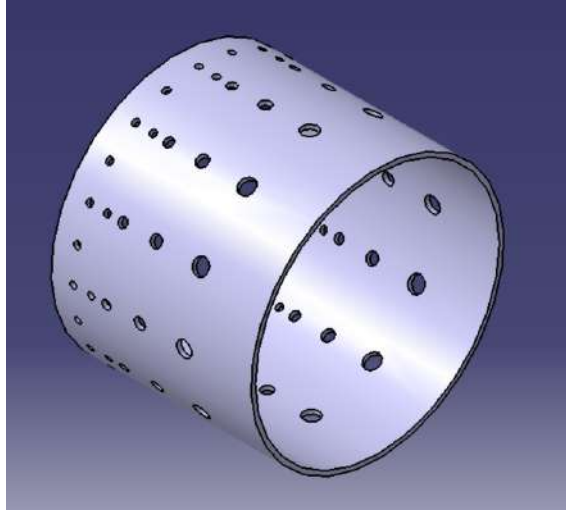
يىءراخل بولل بولنأ مسر: 4.20. لكشلا



يلىءال بولل بولنأ مسر: 4.21. لكشلا



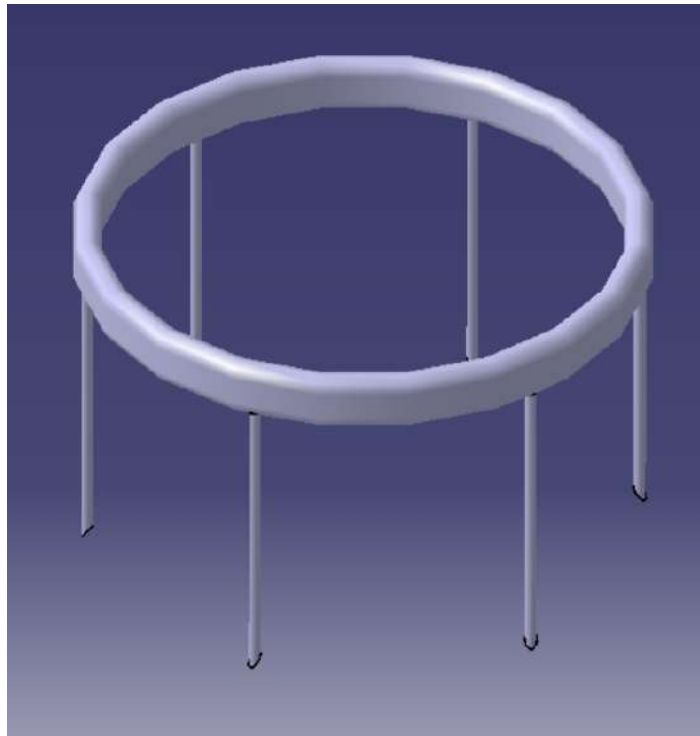
يلىءال بولل بولنأ لىلغوزيإ ضرع: 4.22. لكشلا



ي ج را خ ل ل ب ه ل ل ب و ب ن أ ل ي ر ت م و ز ي إ ض ر ع : 23. 4 e ل ك ش ل ا

4.2.7 دوقول ع زوم

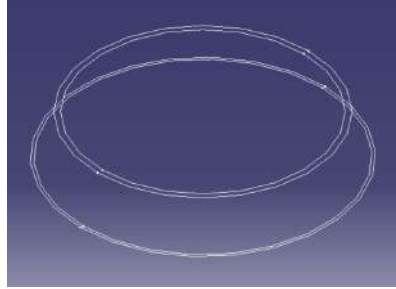
ت ، ب و ب ن أ ل ا ي ل ع ل و ص ح ل ا د ع ب . ت ا ر ت م ي ل ل م 3 ر ط ق ب ، ب و ب ن أ م س ر ب م ي م ص ت ل ا ا ذ ه د ب م ت ل ع د و ق و ل ا ع ي ز و ت ل ، CAD ج م ا ن ر ب ي ف ب ي ج ل ا و د ا س و ل ا ة ف ي ظ و ا د خ ت س ا ب ، ر ب إ 6 d ا ش ن إ م د خ ت س ا م ت ي ت ل ا و ، ة ي ق ي ق ح ل ا ر ب إ ل ل ا ه ا ش م أ ل ي ث م ت ر ب إ ل ل ث م ت . ر ي خ ب ت ل ا ب ي ب ا ن أ ي ل ك ش ل ا ي ف د و ق و ل ا ة ق ل ح ل ة ر و ص م ي د ق ت م ت ي . ر ي غ ص ل ا ي ن ي ب ر و ت ل ا ن ب ي ف أ ق ح ا ل ا ه م 4.24.



د و ق و ل ا ة ق ل ح : 24. 4 e ل ك ش ل ا

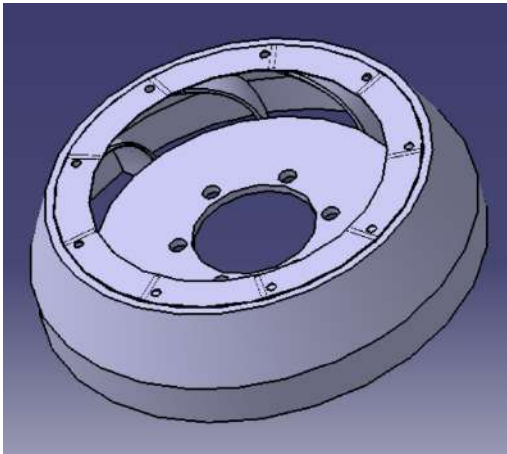
4.2.8 هوف يليلد ماظن

[38] . تنرتنإل ربع ويديف نم هتطحالم مت يذل NGV ماظنل أقفو عزجلا اذه ميمصت مت ،دعاقلا عاشنإ مت ،ألوأ .عيمجت عم ةفلتخم عاجأ نم ألدب دحاو عزجك ميمصتلا اذه عنص مت ناعزو دعاقلاب طيحي يذل عزجلا عاشنإ مت .دومعلا ةيواح يفرط دحأ تيبثت متيس ثيح يطلختلا مسرلا يف ،ةبلصللا ةلازاو ماسقألا ددعتم ةفيظو مادختسا لالخنم هيچوتلا ف 4.25 لكشلا يف مدقملا ي ط

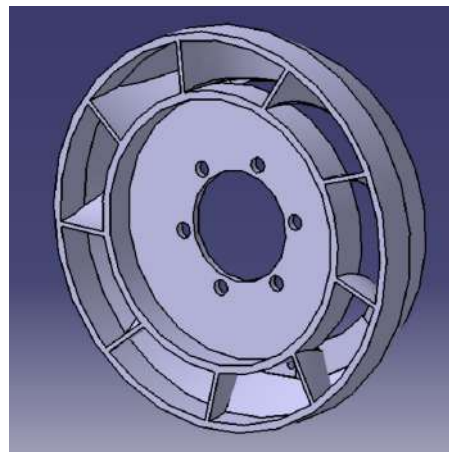


NGV ماظن : 25. 4 لكشلا

تلا تارفشو طغاضلا تارفش ميمصت ةيلعمل أهباشم نيبروتلا تارفش ميمصت ناك يطلختلا مسرلا مسرل هرايخا مت يذل ططخمل عضوالملا يف ناك ديحول رييغتلا .نيبرو ةلاسغب يناثلا طبثري امنيب ،نيبروتلا دعاقب امه دحأ طبثري ثيح ،نامسر كانه .ي ط ولعل عزجلا عم ةقفاوتم نوكتل اهعضو مت ي تلاو ،ةممصملا ةيئاهنلا ةعطقل يه ةلاسغل تلاب يغاربلل حامسلل بوقثلا لمع مت ،بلصللا ميمصتلا عم . NGV ماظنل طيحملا ي لاجيضوت متي .نيبروتلا بناج يلعل لصاللا يلل ةفاضلا اب ،دومعلا ةيواح يف تيبث 4.27 لكشلاو 4.26 لكشلا يف ةيئاهنلا ةعطق



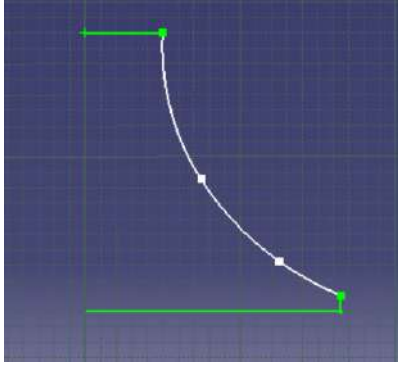
ةهوفلا تارفش ماظن ضرع : 26. 4 لكشلا



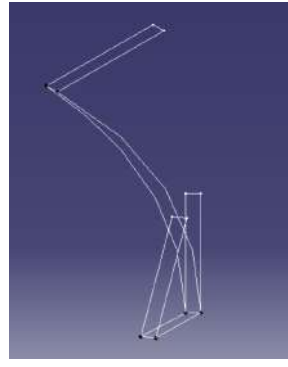
ةهوفلا تارفش ماظن ضرع : 27. 4 لكشلا

4.2.9 نيبروت

تل هباشم ، turbo RHB31 VZ21 عون نم ،نيبروتلا جاتنإ دعاقلا ةلواحمل تاءارجإلا تناك وه امك ،زفحمل رطق ةاعارم عم ،نيبروتلا تارفشل ساسأ ميمصت مت ،ألوأ .طغاضلا ميمص نم تارفشلل طيطلخت مسر ميمصت يه ةيناثلا ةوطخل تناك . 4.28 لكشلا يف حضوم عافترا ةاعارم عم ،نييطيطلخت ني مسر يلل تارفشل ميمصت ميسقت مت .يرصب روظنم لكشلا يف حضوم وه امك ،جرخمل ةرفش عافتراو زفحمل ةرفش عافترا ،نيفلتخم ني 4.29.

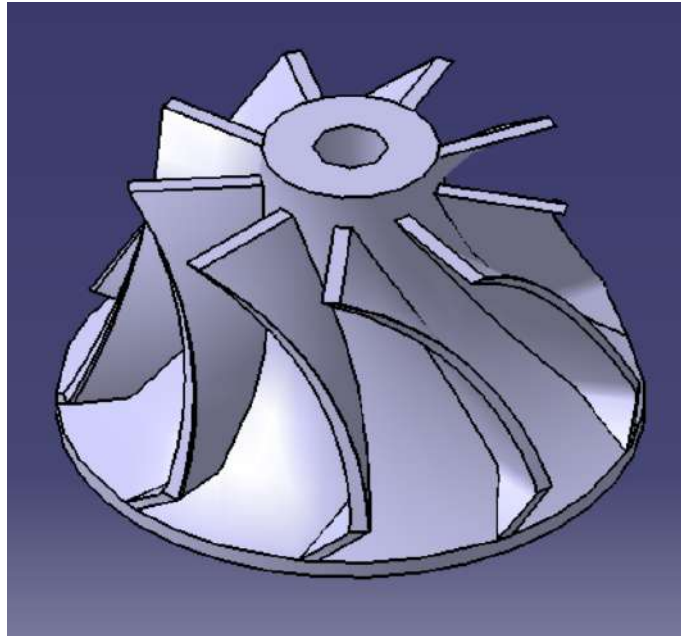


نېبروتال دومع لېغشتل ېجېضوت مسر: 4.28 لكشلا



روتال تارفشل ېجېضوت مسر: 4.29 لكشلا
نېب

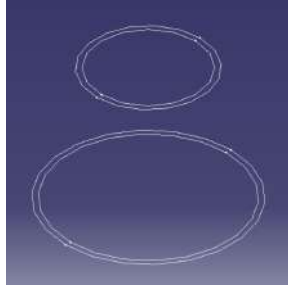
ترتلاب ،ماسقأل ءدعتم بلصل ءفېظوو دومعلا مءدختسا لالخنم مېمصتلا نم ءءتنالامت
4.30 لكشلا ېف حوضوم ېئءانل جتنملا .بسانملا بې



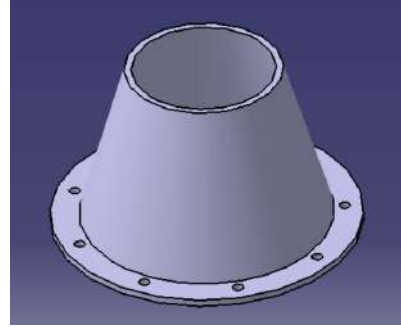
نېبروتلل ېرتموزې صرع: 4.30 لكشلا

لماحملاو ،ېجراخلال فالغل ،مداعلا ءهوف 4.2.10

لجأ نم ،ءرفشلال عافترا لىل ءفاضللاب ،جرخملا رطقو زفحمل رطق نم نېبروتال سايق مت
تاطيحمل تاموسر نم آءدب ،امهلل راشملا عافترا لىل راطقأل لىل ءآناب مداعلا ءهوف مېمصت
ف ءلثممل تاموسرلا لىل ءقبطملا ،دعتملا بلصل او ءلازال ءفېظو مءدختسا كلذالت
ومك لمعتل مداعلا ءهوف ءءءاق لىل ءېرئاء ءءطق ءفاضل مت ،كلذ لىل ءوالع . 4.31 لكشلا ې
عم ېجراخلال فالغل او مداعلا ءهوف و NGV ماظن ءعومجم تېبثتو ېغاربل رورمب حمسې امم ،لصل
4.32 لكشلا ېف حوضوم ېئءانل جتنملا .

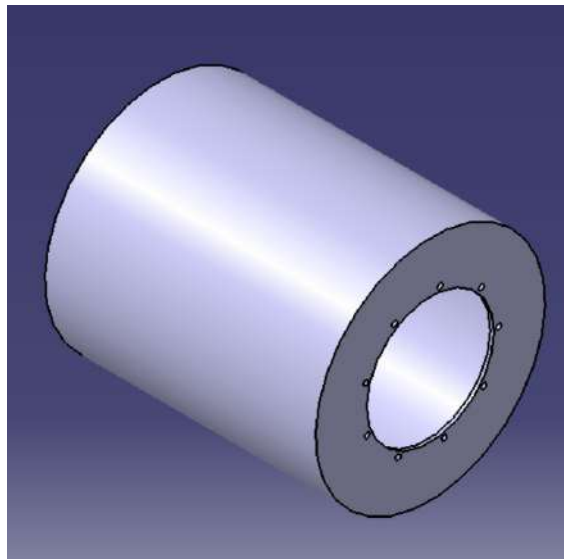


مداعال ةهوفل يحيضوت مسر: 4.31. 4. لكشلا



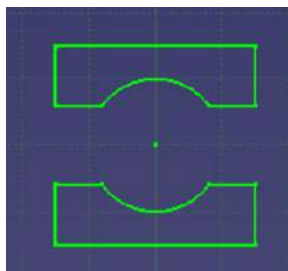
مداعال ةهوفل يرتوموزيإ ضرع: 4.32. لكشلا

غلثم ميمصتلا ءارجإ سفن عبتي هنأل ميمصتلا يف لهسألل نوكملا وه يجراخلال فالغلل ناك 4.33. لكشلا يف يحيضوت متي. قارتحال ةفر

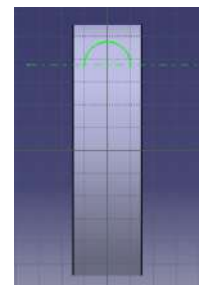


يجراخلال فالغلل يرتوموزيإ ضرع: 4.33. لكشلا

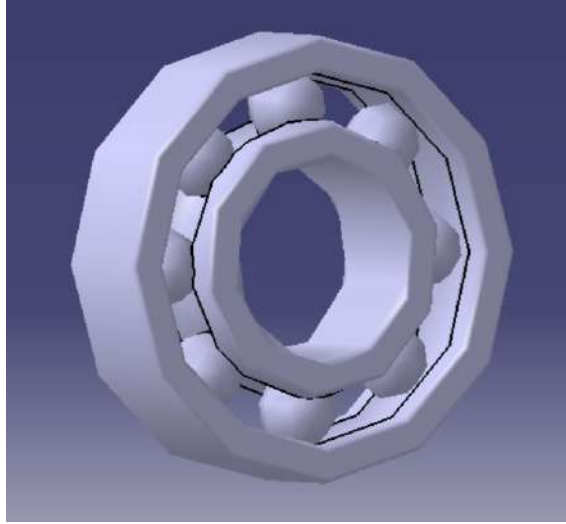
ميف SKF ةكرش عقوم لبق نم ةدحمل داعبالل أقفو، لماحملا، يئاهنلا نوكملا ميمصت مت ركلا بةطيحمل تاقلحل ميمصت يه لولأا ةوطخلل تناك. [39] 618/5 جومنلاب قلعتي ا ةوطخلل تناك. دومعلا ةيلمعل 4.34 لكشلا يف حضوملا يطيختلا مسرلا مادختساب، تا اىل عقبطملا دومعلا ةيلمعل أميمصت أضيأ اذه ناك. تاركلا ميمصت يه ةريخلأاو ةيلاللا ةعوضوم، ةستلىل تاركلا فعاضى، يرياد طمن هالت، 4.35 لكشلا يف يطيختلا مسرل 4.36. لكشلا يف 618/5 لمحلا خاسنتسا ضرع متي. يحيصل لكشب



لمحمل فالغل يحيضوت مسر: 4.34. 4. لكشلا



لمحمل تاركلا يحيضوت مسر: 4.35. 4. لكشلا



example 618/5 لمحم: 4.36 e لكشال

تانوكمل اعينصت 4.3

تلا ةيل مع ءدب مت ، تانوكمل نم ديدعلل موهفمل ميمصت نم ءاهت نالاعم ، ةلحرمل هذه يف اجات نال ، ةذختمل ةفل تخمل تاوطل او تالال نم ةلسلس ةيلعمل هذه نمضتت . عي نص ملا ذالوفل ايه ، تانوكمل مظعمل ةبس نلاب ، ةدمتعمل ماخل ةدامل تناك . ةبولطمل عطل ثم ، ذالوفل نم عونل اذهل ةيئاي زيفل صئاصخلل ارظن ، حئافصل لكش يف ، اذصلل مواق اك ، كل ذلى لىل ةفاضل اب . [41] ةيلال ةوقل او ، يوصلل ةرارحل تاجردو ، لكاتلل هتمواقم ل انوكم ضعبل ةدامك ، اهت عجارم تمت يتي تال تاي بدلل يف ابل اغ اذجوم ةدامل هذه مادختسا ن صمل موينمل ال ايه اهراي تخا مت يتي تال يرخلال ماخل ةدامل تناك . ةريغصل تان بروتل ت صتو ، لكاتلل هتمواقمو ، ةيلال نزلو لىل ةوقل ةبس نو ، هنزو ةفخ زيمتي يذل ، بوب [42] . هعيمجتو هعينصت ةلوهسو ، ةيوقل هميما

اك . مادختسالل ةحاتم تناك كرحم ةلتك اياقب نم موينمل ال بصب جات نال ةلحرمت ادب اعطق ضعب عطق مت . بصلل ةيلعمل موينمل ال نم ةيفاك ةيمك عطق يه لىل وال ةوطخل تن اهئل مو بل اوق عنص لىل ةفاضل اب ، موينمل ال رهصل بوك عنصل اهماحلو ةلمهمل بلصل وه امك نرفل نيخست مت ، ليكشتلل ةبس نلاب . موينمل ال ليكشت نم ءاهت نالاعم دعب لقأ لىل لوصحل لجا نم . هل لىل فسلل بقثل يف ةلعش عضو عم ، 4.37 لكشل يف حضوم امي هو ، موي دوصلل تانوبرك قيبتت مت ، موينمل ال رهص ءانثأ ، بئوشل نم ةنكمم ةيمك لىل بئوشل مظعم عفدت ، ةلئاسل ةلاحل يف موينمل ال عم طلتخت امदन ، ةيئاي مي ةد ، كل ذدعب . امامت ةلاعف تسيل ةيقننل يف ةقيرطلل هذه نإف ، كل ذعمو . بصلل بوك لىل اعناك . اقبسمل اهليل لوصحل مت يتي تال بلصلل بل اوق يف بوبصمل موينمل ال بصب مت عم ريكب وكي ميس بوبنأ بلص نم نوكتت ، جات نال يف اي بسن ةطي سب بل اوقل ت امदन . ليغشتل ةيلعمل شماه ريفوتل ةريكب راطقأ ببل اوقل رايتخا مت . اهل فسا ةدعاق وت متي . نحلل ةلجع مادختساب بل اوقل عطق قيرط نع هجارختسا مت ، موينمل ال دربت ا 4.38 لكشل يف هاندأ بوبصمل موينمل ال حيض



نرف: 37. 4. لكشلا



بوصم موي نملأ: 38. 4. لكشلا

ملا ليغشتلا ءارجإ بسح ةفنصم اهنم لك ، ةفل تخم ماسقأ يف عي نصتلا ةيل مع مظنت م اهنصت مت يتلا عطقلا يه امو فيك ، كلذ دب ، ءحضوم ، تانوكملا عي نصتلا مدختس ةلباقملا ةيل معلا مدختسلا لخن

4.3.1 ليكشتلا ةيل مع

مئل لم كمسب ةقرو لكش لىل ع ، نءاملا ءشرو نم أدصلل مواقملا ذالوفلا لىل ع لوصحل مت امك ، م 0.5m كمسب أدصلل مواقملا ذالوفلا ةقرو عم لمعلل لولأا ةلواحملا تناك . دحاو رت ءمزالا ل عي نصتلا قرط قي بطتل فاك ريغ ةقرولا كمسناك ، كلذ عمو . [29] ةي صوتلا مت دحاو رت مئل لملا كمسب ةقرولا راي تخا مت اذل .

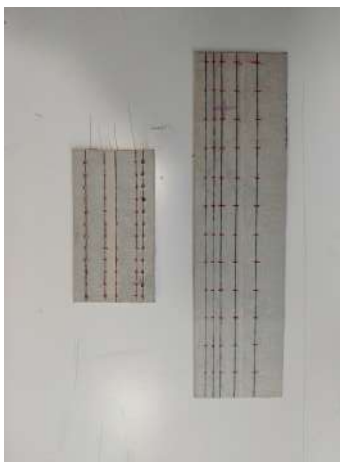
مت . V5 اي تاك مادختساب ، ءابألل أقفو ، حطسمل اهلكش في ، عطقلا مي مصت مت ، ألوأ ، فلما قي سنن تا فصاوم لىل ع يوتحي ظفح رايخ ببسب ططخملا وأ ءدوسملا ءا دإ لا ءدحملا عطقلا ءا رقل ، ثا فنل ءاملا عطاق تايجم ربل ، يروض dxf . فلما قي سنن . dxf شلا في ، هاندا ءحضوم عطقلا نم ءني ع . أدصلل مواقملا ذالوفلا ةقرو في هؤارجإ متي س يت 4.39 لك



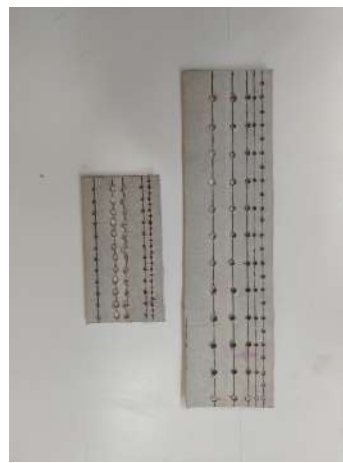
ءاملا ثا فنل ءوطقملا عطقلا نم تاني ع: 4.39 لكشلا

طتسملا ني عطقلا ةيطغت اهتلت ، قارتحال ءفرغل بوقثلا رفح يه ةيل اتلا ءوطخل تناك يي قرو قصال طيرش مادختساب ، 4.39 لكشلا نم رسي ألأا فرطلا في ، ني تلي

دعاسمب ،يقرول اقصالال طيرشلال ىلع طاقنلالو طوطخلال عبتت مت .نيتعطقلال سأل ىلع دختساب بوقثال رفح مت ،رفحلال بوقثال عقاوم ديدحت ىهتنا امدنع .عمئاق ةيوازو قرطسم ة 1.5، 1، 0.75: تارتميلملاب ،ةيلاتال راطقأللاب بقاتم مادختساب ،ةيدومعلال رفحلال ةلآ ما و بوقثال رفح نكمملا نم ناك ،ملم -0.5 كمسب ةقروم ،ىلوالا ةلواحملال يف 2، 2.5، 3، 3.5، رفحلال ةيلعملالال ،يلاتالابو .ضفخنملا اهكمس ببسب ادج ةشه تناك بقاتملا نكل تسال لم ،رفحلال اناثأ بسانملا بارثقالا نم مغرلا ىلع ،اكمس لقأللاب بقاتملا ترسكنا ممدنع .ةقدوآرارقتسا رثكأ رفح بقاتملا نوكليل ،ةقرولال يف بوقثال ديدحتل بقاتمادخ حلال يف ةدعاسملا تيزلا قيبطت مت ،بوقثال رفحلال ةمواقملا ضعب رهظي بقاتملا ناك ا رطق رييغت مت ،رتميللم دحاو ىلإ ،كمسلا ةدايز ببسب ،رفحلال اناثأ رذحلال عم ىتح .رفحلال ةمدختسملا ةقيرطلا 4.41و 4.40 لكشألا حضوت .رتميللم 3و 2.5، 2 ىلإ بوقثال ةذفنملا بوقثالو نيتريرغصلال نيتريرطال رف



ةيداعال بهللال بببأنأ يف ةهجوم بوقث: 4.40. طلكشال



ةبوقثملا ةيداعال بهللال بببأنأ: 4.41. لكشال

لل ةيبشخ ةلتك مادختساب أدصلل مواقملا ذالوفلا نم ةعونصملا اناثألا ليكشت مت كشب ةعطقلا ليكشتل تابلطتم هذه .اهيلع لمعلال مت يتيال عطقلا نم عسوأ ،بيقتل لال دنع يطلال مدعل يفكي امب مواقم ،بوبنأللوح عطقلا ليكشت بجي .اهيظ نود ءواسم ل م مغرلا ىلع ،بولطملا رطقلا نمألللق رغصأ بوبنألل رطق نوكل نأ بجي .هيلع بيقتل لال اساسايق نع عطقلا رطق فالخا يف ببست امم ،امامت ةقيقد تسيل ةينقتل هذه نأ نال ليكشتل ةناوطسأ مادختسا مت ،بيقتل ةلتك مادختسا لبق .ةممصملا تانوكمل لال يذل ،حوللا كمس ببسب ،ةيرئاد عطقلا لعج نكمملا نم نكي مل ،فسألل ،نكلو عطقلا .أيودي ةعونصملا اناثألا ضرع متي ،هاندا .تاناو طسأل ني بسانتي م



لالا ةهوف: 4.42. طلكشال مداع



لالا ةلغل بببأنأ: 4.45. طلكشال يجرالخال بهللال: 4.44. لكشال يلخال دلال بهللال: 4.43. لكشال يجرالخ



4.3.2 نحتطال ةي لمع

نبيروت

لاسرل هذه يف مدختسمل يني بروتل نحتال بلق كي كفت يه ةي لاتل ةوطخل ت ناك شم ناك هنأل ةلوهسب طغاضل ةلازا مت .دومعل نع ،نبيروتل او ،طغاضل لصف قيرط نع ، ةمعل الى لك اكلت حال اب نبيروتل ماحل مت ،دومعل نم ىرخأ ةهج نم .ةلومص ةطساوب طقف أدود ل ذدع .نحتال ةلجج مادختساب ،نبيروتل نم ةيولعل ةلومصل عم هتلازا تمت يذل ،دو يل ،ديج رفح ىل لوصحلل نحتال ةلآ يف هذيفنت مت يذل ،نبيروتل زكرم رفح مت ،ك ابقثل ،رفحل سار مادختسا مت ،ةبلص نبيروتل ةدام نأل أرطن .ممصلل دومعل بسان ريغل لئاسول ببسب ،كلذ عمو .4.46 لكشل يف حضوم وه امك ،رخأ الى فرط نم نبيروتل إىدا امم ،نبيروتل عم أي زكرم رفحل نكي مل ،نبيروتل رفحل اهراتخا مت يتل ةل اعفل ،نبيروتل اذه مادختسا نأ ثيح ،نبيروتل اذهل يل بقتسمل مادختسالا داعبتسا ىل دهي ،ريطخ ثداح ىل إىدؤي امم ،قمخص ةوجف ىل إىريغصل ةوجفل لوحيس ،ةيلاع تاعرس دنع صتم ،دومعل ىل عطاफल يه رفحلل ىل ثمل ةقيرطل نوكتس .نبيروتل لوح نم ةايح د قيرطل هذهب ،نمضي امم ،ةطارخل ةلآل حيحصل عوضومل يف ،هتيتو ،نبيروتل اب آل ة .أي زكرم رفحل نوكتي نأ ،



بوقثم نبيروت :4.46 لكشل

ةهوف يليلد ماظن

ةي نبيروت جذامن عنص يف ةربخ وذ صخش ءارجل الى أدنتسم ةشير ةهوف يليلد ماظن ناك .اهماحلو NGV -ب ةطيحمل ءازجال عطق مت . [38] يف تنرتنلإ ربع هيلع روثعل مت ،ةريغص مادختسا مت ثيح ،رخأ نبيروت نم تارفشل عطق مت ،ماظنل اذه لامكإل هنأ نم مغرل ىل نم ضرعل اضعب ةلازا تمت ،أقحال .ي درفل لكشب راودل نع تارفشل لصفل نحتال ةلجج روتل نم ةذوخامل تارفشل .نبيروتل ةدعاقو ةطيحمل ءازجال نيب بسانتل تارفشل 4.47 لكشل يف ةحضوم رخلال نيب



ةهوفل يليلد ماظن تارفش :4.47 لكشل

يأتي ندعم ني تعطق ني ب تارفشل ا ما حل يه نوكم الم اذه عي نصتل عيئاهنل ا قوطخل ا تنك
ل ا تي ب ثت نكم الم نم نكي مل ، فسألل 4.49 لكشل او 4.48 لكشل ا يف حضوم وه امك ، ن
حى ل رظنل ا ب ا دج دئاز قراح ت ق ل ط ا ي ت ل ا ما حل ل ا ق ي ن ق ت ب ب س ب نوكم الم اذه ي ف تارفش
هك مسو نوكم الم ا مج .



ني ب روتل ا د عاق : 4.48 لكشل ا



لد ماظن نم ي ول عل او طي حم ل ا عجل ا : 4.49 . ط لكشل ا
هوف ي ل ي

ل ا هل رواج الم ل ي ط ت س م ل ا عم لك ش ت ي ت ل ا ني ب روتل ا د عاق يه 4.48 لكشل ا ي ف ق ل اس غ ل
لكشل ا حضوي . تارفشل ا نم عجل ا ما حل م ت ي س ث ي ح ، هوف ي ل ي لد ماظن نم ي ل خ ا د ل ا عجل
خ م ع ع ط ق ، تارفشل ا ب ط ي ح ي ي ذ ل ا ي ل ف س ل ا عجل ا ، ماظن ل ا نم ق ي ج ر ا خ ل ا ع ث ا ل ث ل ا ع ا ز ج ا ل 4.49
ع ع ط ق ل ل ق ي ول ع ل ا د عاق ل ا ي ل ع م و ح ل م ل ا ق ل اس غ ل م ث ، ق ي ل ف س ل ا ع ع ط ق ل ا ق و ف ع ص و ت ، ق ي ط و ر
ق ي ط و ر خ م ل ا .

4.3.3 عطرخم ا ق ي ل م ع

موي نم ل ا ل ا

م ت . تانوكم الم ق ي ق ب ن ع ف ل ت خ م لك ش ب موي نم ل ا ل ا نم ق و ن ص م ل ا تانوكم الم عجل ا عم ت م ت
نم ل ا ل ا تانوكم ب ع ص ا خ ل ا ط ا ط خ م ل ا ع ا ب ط م . ط ا ر خ ل ا ق ل ا م ا د خ ت س ا ب ع د ا م ل ا ه ذ ل ي ك ش ت
ي ح ، ط ا ر خ ل ا ق ل ا ي ف ل ت ك ل ا ع ص و م ت . ع ب و ب ص م ل ا ع D ا م ل ا ل ي ك ش ت م ت ط ق ف ك ل ذ د ع ب و ، موي
إ عم ، ب و ب ص م ل ا موي نم ل ا ل ا ل ي ك ش ت م ت ، ك ل ذ د ع ب . ب س ا ن م ل ا د ا د ع ل ا ي ف ا ه ت ي ب ث ت م ت
ص ل ا نم ، ك ل ذ ع م و . ع ح ي ح ص ل ا د ا ع ب ا ل ا و لك ش ل ا ب م ي م ص ت ل ا ي ل ع ل و ص ح ل ل ا ق م ز ا ل ل ا ع D ا م ل ا ق ل ا ز
ر ي غ نم ه ن ا ل ، م ي م ص ت ل ا نم ق ق ي ق د ق ي د ا م خ س ن ي ل ع ل و ص ح ل ا و ع ط ق ل ا ي ل ع ل م ع ل ا ق ي ا غ ل ل ب ع
ا ج ر د ي ص ق ا عم ي ت ح ، ع D ا م ل ا نم ع ح ي ح ص ل ا ق ي ك م ل ا ل ي ز ت ط ا ر خ ل ا ق ل ا ت ن ا ك ا ذ ا م ع ف ر ع م ن ك م م ل ا
ي ه ط ا ر خ ل ا ق ل ا م ا د خ ت س ا ب ا ه ي ل ع ل م ع ل ا م ت ي ت ل ا تانوكم الم ت ن ا ك . ا ب ل م ع ل ا ا ن ث ا ر ذ ح ل ا ت
ي . ل ا و ت ل ا ي ل ع ، 4.51 لكشل ا و 4.50 لكشل ا ي ف حضوم وه امك ، ل خ د م ل ا ج ن ا ل ف و د و م ع ل ا ق ي و ا ح
ي ف ، ق ي د و م ع ل ا عجل ا عم ل ا ز ك ر م ي ف ع ز و م ل ا و ط غ ا ض ل ا ا ط غ ع ي ن ص ت م ت ي ن ا ض ر ت ف م ل ا نم ن ا ك
ل ا م ه د ا ع ب ا ب ب س ب ني تعطق ل ا ني ذ ه ج ا ت ن ا ن ك م م ل ا نم ن ك ي م ل ، فسألل UBI ي ف FABLAB
ق ي ا غ ل ل ا ق ي ق د ت ا ل ا ب ل ط ت ي ا م ، ق ي ر ي غ ص .



دوم ع ل ا ق ي و ا ح : 4.50 ط لكشل ا



لخدمال جنال ف: 51. 4 لكشلا

لل مواقم ذالوفال
أدص

سأ نمة عونصم ةنوكملم هذه. دومعال تناك ةطارخال ةلآ مادختساب اهيلع لمعال مت ىرخأ ةعطق
وصحلال مت يتل داعبالا ةاعارم عم اهلي كشت مت، أدصلل مواقم ذالوفال نمة بلص ةناوط
دش ةجرب ذالوف يغرب يه اهب ىصومل اءامل نإف، كذعمو. دومعال عي نصتل اهيلع ل
لاو نيبروتلل لمعي امدنع الئاه ارتوت لمحتت نأ بجي ةنوكملم هذه نأل 10.6 or 12.9
ومل عي نصتل اءي لمع دعب هيلع لوصحلال مت يذل دومعال 4.52 لكشلا لثم ي. [29] طغاض
ةحض.



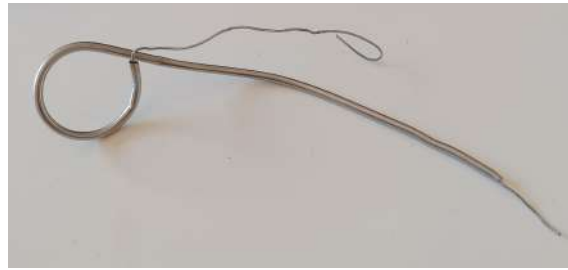
دومع: 52. 4 لكشلا

4.3.4 ماحلل اءي لمع

لذ دعب. بوقثال عضوم دي دحت متو، بوقثو لقن ةءاسمب، تارم تس ةقلحل معد رفح مت
سانت نأ نكمي ىتح، تارتميلل مءال بوقثو رطق باقثم مادختساب رفحلال مت، ك
ال بوقثو رطق أدصلل مواقم ذالوفال نمة بي بانأل هذه عطق مت. بوقثال لخاد ري خبتال بي
ال ةقلح عزمو لجأ نمة، دوقول ةقلح معد ىلإ ةريغصلال بي بانأل ماحل مت. تارتميلل مءال
بي بانأل لثم بوبنأل سفن نمة عونصم عزمول 4.53 لكشلا ي حضوم وه امك، أقحال دوقول
ضومت. ةقلحلال معد بسانتل ةريغص ةرئاي ف اهلي كشت بجي ناك يتلالو، ري خبتال ب
أعي زوت نمضي امم، بوبنأل دعتي ال ىتح بوبنأل لمكال لوطال ربع ذالوف لكلس ع
ىتح دي دش رذب بوبنأل لي كشتل ةمدختسمال قرطال قيبطت مت. دوقولل اءواسم
كمملم نمة نكي مل، بوبنأل عم لمعال اءنأ ذختمل رذلح نمة مرل ىل ع. بوبنأل دعتي ال
4.54 لكشلا ي رهظي امك، ةبسانم داعبالا هلي كشت ن



دوقولا ةقلح معد: 53. 4 لكشلا



دوقولا ةقلح: 54. 4 لكشلا

4.3.5 ماحللل ةي لمع

ف طقف اهضعب ليكشت ةي لمعل هذه لال خ مت ثي ح، ةلكشم لم عطقلل يفرط ال ك ماحل مت ت ناك. TIG وأي زاغل انتسغننتل سوق ماحل ناك مدختسمل ماحللل عون. يئاهنل اهل كش ي كمسب أدصلل ةمواقم ةي ذالوف ةقرو رايتخال تعفديت بابسأل نم ةدحاو ماحللل ةي لمع ي امم، عطقلل نم عزج نابوذ لي ماحللل نع ةجتانل ةرارحل ي دؤت نأ ةي ناكم إكانه ت ناك. ربك أ وكم لم ماحل نكمم لم نم ناك، كمسلل ةداي زعم ي تح، كلذ عمو. قرأ ةقرو عم ألامت حارثك أ حبص نأل ةي قبتمل تان وكم لم ماحل نكمم لم نم نكي مل. طقف هاندأ لكشألل ي ةحصولم لتان نص قرو مادختسا مت. يئاهو برس تي أ نود امه عي مجت متي نأ بجي ناك عطقلل يفرط ال ك لال لي مامضنال دنع ءاوهل برس تنم مل، ةي وتسم لم ريغ ءازجال لك آتل، عطقلل حطسأل ةرف حصولم وه امك، عطقلل عي م ماحل نكمم لم نم نكي مل، كلذ عمو. ةلباقت مل ءازجال

ةموجل م عطق



مداعل اةهوف: 4.55. e لكشلا



يخراخالا فالغلا: 4.56. e لكشلا



يخادلا بهلللا بوبنأل يمامأ ضرع: 4.57. لكشلا



يخادلا بهلللا بوبنأل يفلخ ضرع: 4.58. لكشلا



يجراخل بهلل بوبنأ: 4.59. لكشلا



هوفلا يليلد ماظنل عيجراخل اءازالأ: 4.60. لكشلا



هوفلا يليلد ماظنل يلخادل اءزجلا: 4.61. لكشلا

5 لصفلا

جاتنتسا

عسارد ءارجإ مت ثيح ،ريغص يني بروت كرحم ءانب وه ةلاسرل هذه نم يسيئرل فدهل ناك افنل ةرئاطل كرحم ةسارد تناك .ةيادبل ايف لمعل ةرودو يني بروتل كرحم لتانوكم يل ا ميهافملا مهأ رايتخا بعصلال نم لعجت ءحاتملا ءعساوالتامولعمل نأل لعفلاب ائدحت ءت يني بروت كرحم ريوطت لبق اهتفرعم بجي يتل

عملال لئإف اضلالاب ،كرحملا اذه ءارو ملعلال نم ءزج ملعتل ءصرفل فلؤملا ءلاسرل هذه تطعأ كأتالابو ،أيموي هملاعت متي ال عيش وهو ،يني بروت كرحم ءانب ءيفيكل لوح ءيملعل ءفر تقملا نيفدهل دحأ ءلاسرل هذه تققح .يساردل لصفلا يف هملاعت نكمملا نم سيل ،دي قتسم لمع ذيفنت نكمي تحت ،حشر ميذقت مت ثيح ،ميمصتلا نم ءاهتئالا مت .نيحر اصقن ببسب كرحملا اذه ءانب زاجنإ متي مل ،فسألل .ءذختملا تاوطخلال ءانب ،يلب بسانم عي نصت عم ءعباتملل لئاسول

5.1 بويعل

عيو ، [29] سبماك ساموت باتك لعل عيساسل لكشب دمتعي عورشمل اذه ميمصت ناك ءانب ءيفيكل لوح تامولعمل لعل روثعل نكمملا نم نكي مل .هءوجل هئانتما نع فلؤملا رب تروك بتك ءانثتساب ،يعاعشلل ني بروتل/طغاضل ءعومجم عم ءصاخ ،يني بروت كرحم بروت نمضت مل مهلكرحم نأ نم مغللال لعل .أقباس ءروكذمل يرخلال بتكلاو غيلكي يرش رجم عي نصت ءي لمع نع ليصافت ناباتكل اذه مدقت .أيروحم أني بروت لب ،أيعاعش أني ايب لعل دمتعي كرحملا اذه نأل أرطن .جيرص لكشب تاءارجلال عي مج فصو عم ،يني بروت ك داعبالاب كرحملا ناك اذإ امم دكأتل نكمي الو ءيئاهن تسيل داعبالا نإف ،ءيبي رجت تان ،اهرابتخاو ءتافنل تاكرحم ءجذمن يف ءربخلال لال خ نم طقف .ىطعمل طغاضلل ءبسانمل لكاشم نود لمعلاب كرحملا حمست تانوكملا داعبالا نأ نم دكأتل نكمي

ي بروتل كرحملا اذه ءانب ءلواحم يف تابقلعل نم ديءعل تهجاو ،ءيبي رجتلا ءلحرملال لال خ بك ريئأت اذهل ناك .أءصلل مواقملا ذالوفل ءقرو كمس ءدايز يه لولأا ءبقعل تناك .يني حتسملا نم لعج امم ،أيو دي عطقلا ليكشت بعصلال نم لعج ثيح ،عطقلا عي نصت لعل ري م نكي مل ،ءقرولا كمسل ءجيتن .ءممصملا تانوكملا ءبسانملا داعبالا لعل اهطبضل لي ف ءقد رثكأ ءي لمع ببسب ءيغلل آءي فم نوكمي اذه ناك .ءناو طسألل ماخذتسا نكمملا ن لئإي ءؤيس ناك ءناو طسألل ماخذتسا نأ ثيح ،ماجلل لئإي هست لئإف اضلالاب ،عطقلا فلي ءصارتمو ءقستم عطق ي

ب اهذيفنت ناكملالاب نكي ملو ،أجر رثكأل ءبقعل تناك ،ماجلل ءي لمع بقلعتي امي ف تب حمست مل ،4.3 لصفلا يف أقباس امي لئإف راشلال متي تل ،ءينقتل نأل إفاك لكش م مغللال لعل .ءلاسرل اهذل يسيئرل فدهل قي قحت نود لاح امم ،بوغرم وه امك عطقلا بيتر صلا نم ناك ام وهو ،عي نصتلا يف ءيئانثتسا ءقد بلطت عطقلا مجح نأ لا ،ءينقتل ن هب مازتلال ءيبي رجتلا مامملا يف ئءتبم لعل آءج بع

تاي صوتل او ةيل بقتسم الم المأل 5.2

يتل ا عيضاوم الم نم ةعساو ةعومجمل ارطن ةل اسرل هذه ىل عءاب ةي فاضل الم عأ ريوطت نكمي نكمم الم لوأل الم عمل نإف ،لمتكي مل كرحم الم هذه عي نصت نأل ارطن .يني بروت الم امن مضتي اءاطغل يفارغو ثيل وي ريتس فلم ءاشنإ بجي ،نكمأ اذإو ،عورشم الم اذه ءاهنإ نوكي نأ نكمي ةيلاعفل مهم لماع وهو ،طغاضل الم انحن اءارم عم ،طغاضل الم اءاطغل قي قد مي مصت لجأ نم طغاضل كرحم الم لمعو طغضل ،ي لاتلابو ،ءاهل اءارقتسا

ذ ىل ةفاضل اب .أنكمم كل ذ ناك اذإ ،دومعلا ةرياعم ب فلؤملا ي صوي ،كرحم الم رابتخا اءارجل عي نصتلا ةي لمع كل ذ لهسي س .تاكرحم الم نم عونل اذهل يروحم نيني بروت ريوطت بجي ،كل ةهوفل تارفش ماظن جاتنإ لثم ،

ةل اسرل هذه دعب ةي لبقتسم الم المأل نوكت نأ نكمي

- ةبسانم الم تاي نقتل ماخذتساب كرحم الم اذه ريوطت ءاهنإ .
- طغاضل الم بسانتي يروحم نيني بروت عي نصتو ةسارد .
- ثافنل اءرائل كرحم يف ءاهل قفدتل ةي بوساحل عئومل الكي مان يذل ةسارد اءارجل مق .
ةممصم الم تانوكم الم يف ةنكمم الم تاني سحتل الم ققحتو ة
- رابتخا ةدضنم ريوطت مق .

عجارملا

يما ناڭشوك، نوڭي سوسومرود، لاسكونغ نيكسيك، ميلس نغروغ، دمحم ياكروت [1]
روتال تاكرحمو ريغصلال يني بروتال كرحملا تاقي ببطت لوح ثحب. لاميج حيل
ي لودل رمثؤملا نم قرشاعلا قع بطلال 21s: في. قيركس عل UAV تارئاطل تاني ب
AFASES؛ ويا م 2019؛ فوساب؛ ص. vii، 1

ي: لعل حاتم. [تنترنال ربق] "نارئاطل خيرات"
<https://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/UEET/StudentSite/historyofflight.html>

(. 2019-03 في هيل لوصول م)
1

ي: لعل حاتم. [تنترنال ربق] "توصلال قعرس"
<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/sound.html> (في هيل لوصول م)
2019-03). 1

ي: لعل حاتم. [تنترنال ربق] "راخبال كرحم عرتخا يردنكس إل وريه"
<https://www.greekboston.com/culture/inventions/steam-engine/> (هيل لوصول م)
(. 2019-03 في).

ي: لعل حاتم. [تنترنال ربق] "ليليبي لويال"
<https://en.wikipedia.org/wiki/Aeolipile> (في هيل لوصول م) xi، 3 (2019-03 في)

ليغش تال او ميمصتال، قيرظنل تاي ساسأ: قثافنل تاكرحم، سوالك هكي نوڭ
6t، لانوشان رتنل كوبروتوم، قع بطلال ه 6t، 2003. xi، 3، 4، 5، 6، 7، 8، 18، 19، 21، 22، 23، 24،
25، 26، 27، 29

ي: لعل حاتم. [تنترنال ربق] "قكرلل نتيوي نيناوق"
<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/newton.html> (في هيل لوصول م)
2019-03). 3

س ل ي ب سيور زلور، قع بطلال 5t، قثافنل قارئاطل كرحم، يس ل ي ب سيور زلور [8]
ي، 1996. xi، 4، 5، 7، 8، 19، 20، 21، 22، 23، 24، 25، 26، 27

[9] "غليلك يرش تروك" ي: لعل حاتم. [تنترنال ربق] https://en.wikipedia.org/wiki/Kurt_Schreckling
(. 2019-03 في هيل لوصول م) 4

شنم، قع بطلال 5t، قيجذومنل تارئاطلل قيزاغلا تاني بروتال، تروك غليلك يرش [10]
تيلبارت تارو 2003. 4. 30

تاحفصل، رغنيربس، خيراوصل او تارئاطل عفد تاي ساسأ، ف. دمحم خيشل [11]
531-588، 2016. xi، 6، 15، 16، 17، 18

لا ليلحتل قيلامتحا ميمصت قيجهنم، غنول-ياه غنات، نوڭ غناشت، نيم نشت [12]
قيني ناكيمل قسدنهل في مدقتل، راودل دومعل كرحم لماعل اءاء
2014؛ 1(12)، doi: 10. 1155/2014/976853، ويا م 2014. xi، 6

[13] 2000. قينورتكلال قع بطلال، ققاطل ليوحت، قينيكي نوتسيوي. يس

ه 8t قع بطلال، يسدنهن، قيرارحل الكي ماني دل، أ. لكيا م، سلوب، أ. سنوي لجنيشت [14]
، ميلعلتل لي ه-ورغك م، 2015. xi، 9، 10، 11

ي: لعل حاتم. [تنترنال ربق] "قيلام نوتيرب قروڭ"
<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/brayton.html>. (في هيل لوصول م) 10 (2019-03 في)

[16] "نوتيرب ةرود" [تنرتنإل رب ع] :لعل حاتم . https://web.mit.edu/16-unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node_e28.htm

ل.

(xi, 11, 12). t في هيلإ لوصول م (ت 2019-03)

[17] C. Oates Gordon, الكيماني دل, اذغلا تاني بروتل ةيئاوله الكيماني دل, 1998. 12, 14, 15, 20, 21, 23

[18] سجام ةلاسر [طيسب يني بروت كرحم ءانبو ميمصت ,دراكي ر سورل هيب ,نومي س مورتسل هاف 2016, الاسبوأ ةعماج , ريت

[19] "لخدم لاءاد" :لعل حاتم :

<https://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/inleth.html>. (ت 2019-04). 13

[20] "طغاضلل ةي رارالح الكيماني دل" :لعل حاتم . [تنرتنإل رب ع]

<https://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/compth.html>. (ت 2019-04). 13

[21] "دقو ملل ةي رارالح الكيماني دل" :لعل حاتم . [تنرتنإل رب ع]

<https://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/burnth.html>. (ت 2019-04). 13, 14

[22] "دوقولا ةلتك قفدت لدعم" :لعل حاتم . [تنرتنإل رب ع]

<https://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/fuelfl.html>. (ت 2019-04). 14

[23] "ني بروتل ةي رارالح الكيماني دي" :لعل حاتم . [تنرتنإل رب ع]

<https://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/powtrbth.html>. (ت 2019-04). 14

[24] "ةهوفل لاءاد" :لعل حاتم . [تنرتنإل رب ع]

<https://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/nozzleh.html>. (ت 2019-04). 15

[25] "خام قمر" :لعل حاتم . [تنرتنإل رب ع]

<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/mach.html>. (ت 2019-04). 18

[26] "لخادم ل" :لعل حاتم . [تنرتنإل رب ع]

<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/inlet.html>. (ت 2019-04). xi, 19

[27] ورب فلغ رشن ,ةعبطل 2n ,ةي زاغلا تاني بروتل ةسدنه ليلد ,ب. ناورهم زيوب 2002. xi, xv, 20, 21, 28, 29

[28] "يروحمل طغاضل" :لعل حاتم . [تنرتنإل رب ع]

<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/caxial.html>. (ت 2019-04). 21

[29] ,تيل بارت تاروشنم , 3r ةعبطل ,ةي جذومنل تارئاطل تالرحم ,ساموت سبم اك 2005. xi, xii, xv, 22, 23, 29, 30, 31, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 45, 47, 55, 59, 63, 88

كليه هوركيه الم روطت ، نوررحم ، يسام كي زرتي ب ، لايناد تنيل اب ، يوغناي ج نيل [30]
نم حاتم . 384-394 2012 . تاحفصل ، رشنلل ديهدوو ، نداعم لل ليكشت تاي لمع ي ف ل
27 . تكرياد سنيس

سدنهلل يسايقل ليلدل ، نوررحم ، C.Lyons William, J.Plisgam Gary, D.Lorenz Michael, [31]
2016. 29 . ةيناثل ةعبطل 3r ، يعي بطل زاغل او ةيلوربتل ة

يلع حاتم . [تنرتنإل ربع] "مداعل زاغب عوفدمل يني بروتل نحاشل خيرات" [32]
https://en.turbolader.net/Technology/History.aspx. (في هيل لوصول مت) . 2019-05 .
xi, 31, 32

م ، [BEng] تاراي سلل يني بروت نحاش نم يني بروتل زاغل كرحم ءادأو ميمصت ، ني رول يوست [33]
32, 33 . 2004-ويام ، اي جلولونكتل ستسوش تاسام ده

يلع حاتم . [تنرتنإل ربع] "طغاضل طي طخت : ري بخ | Turbo Tech 103" [34]
https://www.garrettmotion.com/wp-content/uploads/2019/10/GAM_Turbo-Tech--103_Expert-1.pdf. (في هيل لوصول مت) . 2019-05 . xi, 33

حاتم . [تنرتنإل ربع] "طغاضل طي طخت : ري بخ | 103 بروتل اي جلولونكت" [35]
يلع : https://www.marineinsight.com/main-engine/what-is-turbocharger-surfing/.
(في هيل لوصول مت) . xi, 32 . 2019-05

يلع حاتم . [تنرتنإل ربع] "يني بروتل نحاشلل ةينفل تافصاومل" [36]
https://www.ecotrons.com/files/ECOTRONS%20Turbo%20V Z21%20-technical%20specl.pdf. (في هيل لوصول مت) . xi, xv, 33, 34, 35, 87

تو ميمصت ، نوج ثلاثل نوتسغنيك ، كي را سميج ، سكي ل ركورك ، لايناد وزنولأ [37]
2018-03 ، اي جلولونكتل رتيسروو دهعم ، [سوي رولكب] رغصم يني بروت كرحم عي نص
35

"طقف ةدحاو ةوطخ - ناريطلا يلى تي ج و بروتل كرحم ءانب نم" [38]
يلع حاتم . [تنرتنإل ربع]
https://www.youtube.com/watch?v=dYFYZ-g7fzA. (accessed at 2019-06). 39, 51,
57

يلع حاتم . [تنرتنإل ربع] "SKF 618/5 ةيمع يورك لماحم" [39]
https://www.skf.com/pt/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=618/5 .

(في هيل لوصول مت) . 39, 53 . 2019-10

[40] NSK Motion & Control. 2016 39 . ةيعانصل تالآل ةراود لماحم

يلع حاتم . [تنرتنإل ربع] "صئاصخل او تاجردل ، تافصاومل - أدصلل مواقمل ذالوفل" [41]
يلع : https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2874 . (في هيل لوصول مت) . 2020-01 . 54

شت تاي لمعل ةديفم صئاصخل او ةزي ممل اي ازم - موينم أل كئابسو موينم أل" [42]
يلع حاتم . [تنرتنإل ربع] "موينم أل ليكي"
https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=4192 . (في هيل لوصول مت) . 2020-01 . 54

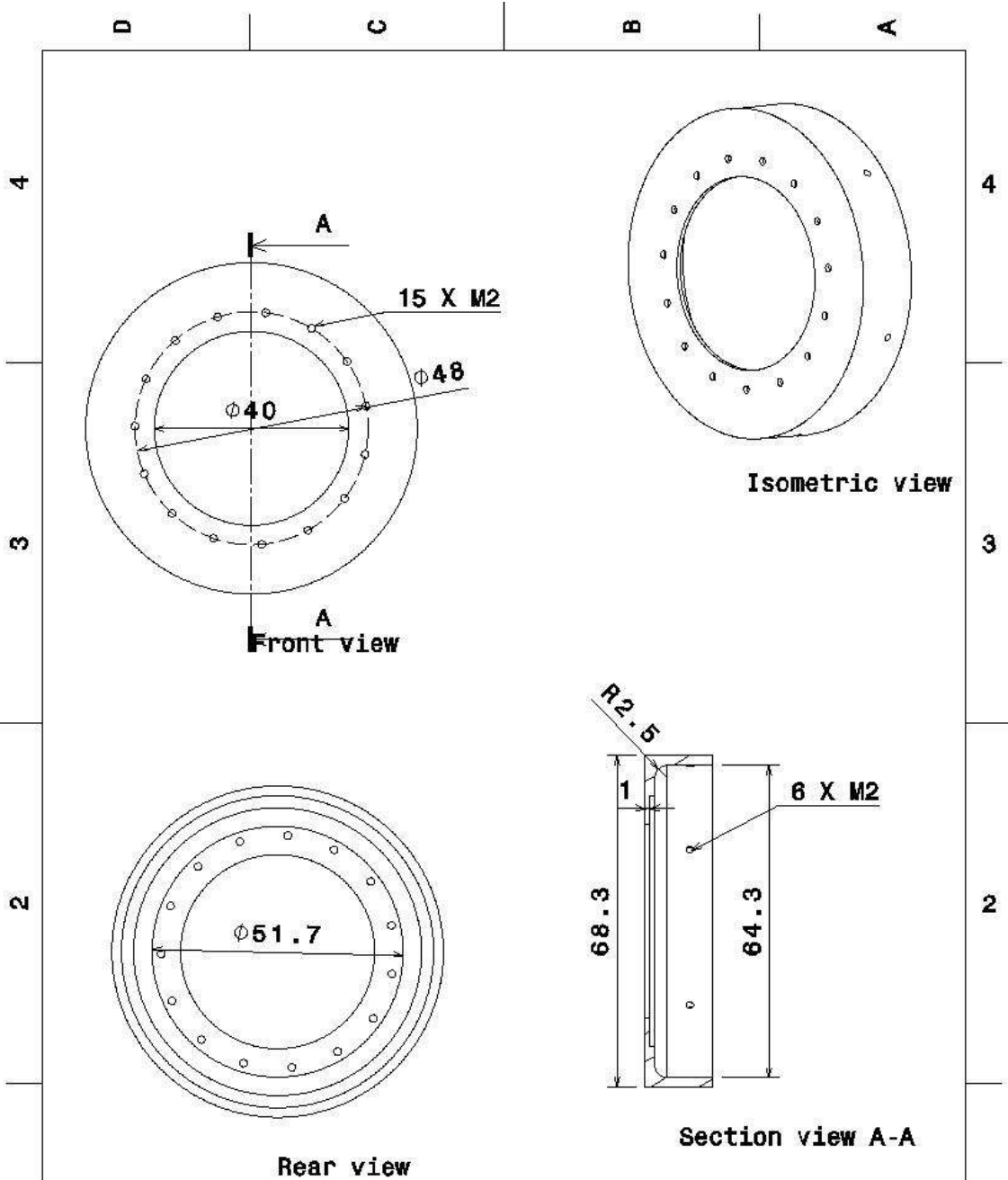
قحلالم

ءازجال ءمئاق - أ قحلالم

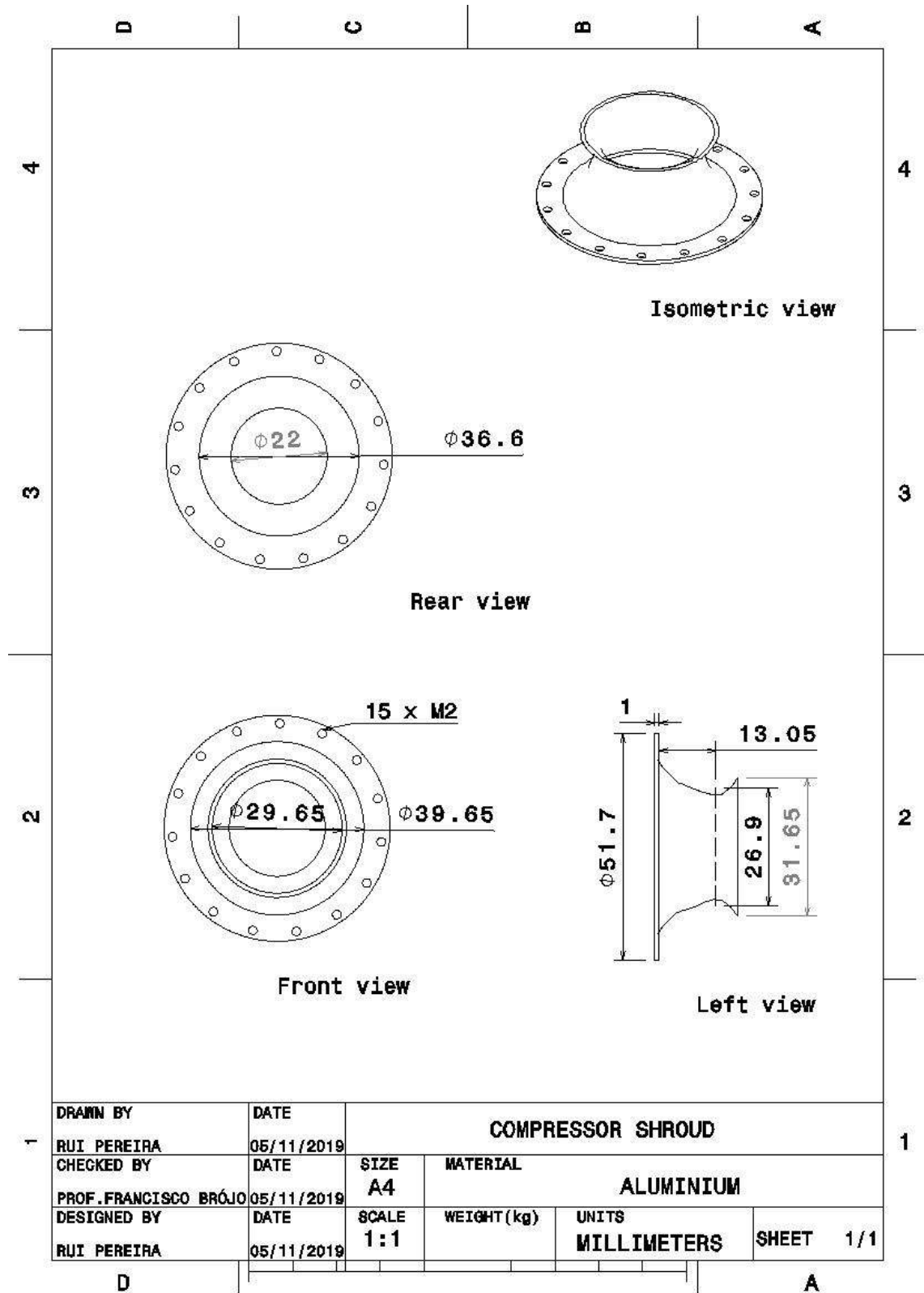
ءازجال ءمئاق : 1 لودجل

Part No.	Description	No. Off	Material/Type	Blank Dimensions/Notes
1	Compressor Shroud	0	Aluminium	
2	Compressor Wheel	1	Cast Aluminium	Possible alloys: Al-Si-Cu-Mg
3	Diffuser	0	Aluminium	
4	Spacer Disk	2	Stainless Steel/Aluminium	
5	Bearing	2	618/5	Deep groove ball bearings
6	Engine shaft	1	Stainless Steel	Turned
7	Shaft Tunnel	1	Aluminium	Turned
8	Combustion Camber	1	Stainless Steel	TIG Welding
8.1	Outer section	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick
8.2	Inner section	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick
8.3	Front Section	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick
8.4	Rear Section	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick
8.5	Fuel Ring Support	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick
8.6	Vaporization Tubes	6	Stainless Steel	ø3 mm tube
9	Injector Ring	1	Stainless Steel	Soldered
9.1	Injector Ring	1	Stainless Steel	ø3 mm tube
9.2	Injector Needle	6	Syring needle	ø0,8 mm
10	Turbine NGV	1	Stainless Steel, Cast Aluminium	Possible alloys: Al-Si-Cu-Mg
10.1	Turbine's base	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick
10.2	Blades	9	Cast Aluminium	Possible alloys: Al-Si-Cu-Mg
10.3	Blade jacket	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick
10.4	Turbine jacket	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick
11	Turbine	1	Cast Alumium	Possible alloys: Al-Si-Cu-Mg
12	Exhaust Nozzle	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick
12.1	Washer	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick
13	Casing	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick
13.1	Casing Rear Section	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick
14	Inlet Flange	1	Aluminium	Turned
16	Pre-Load Spring	1	Steel	
17	Sleeve	1	Stainless Steel	Sheet, 1mm thick, welded

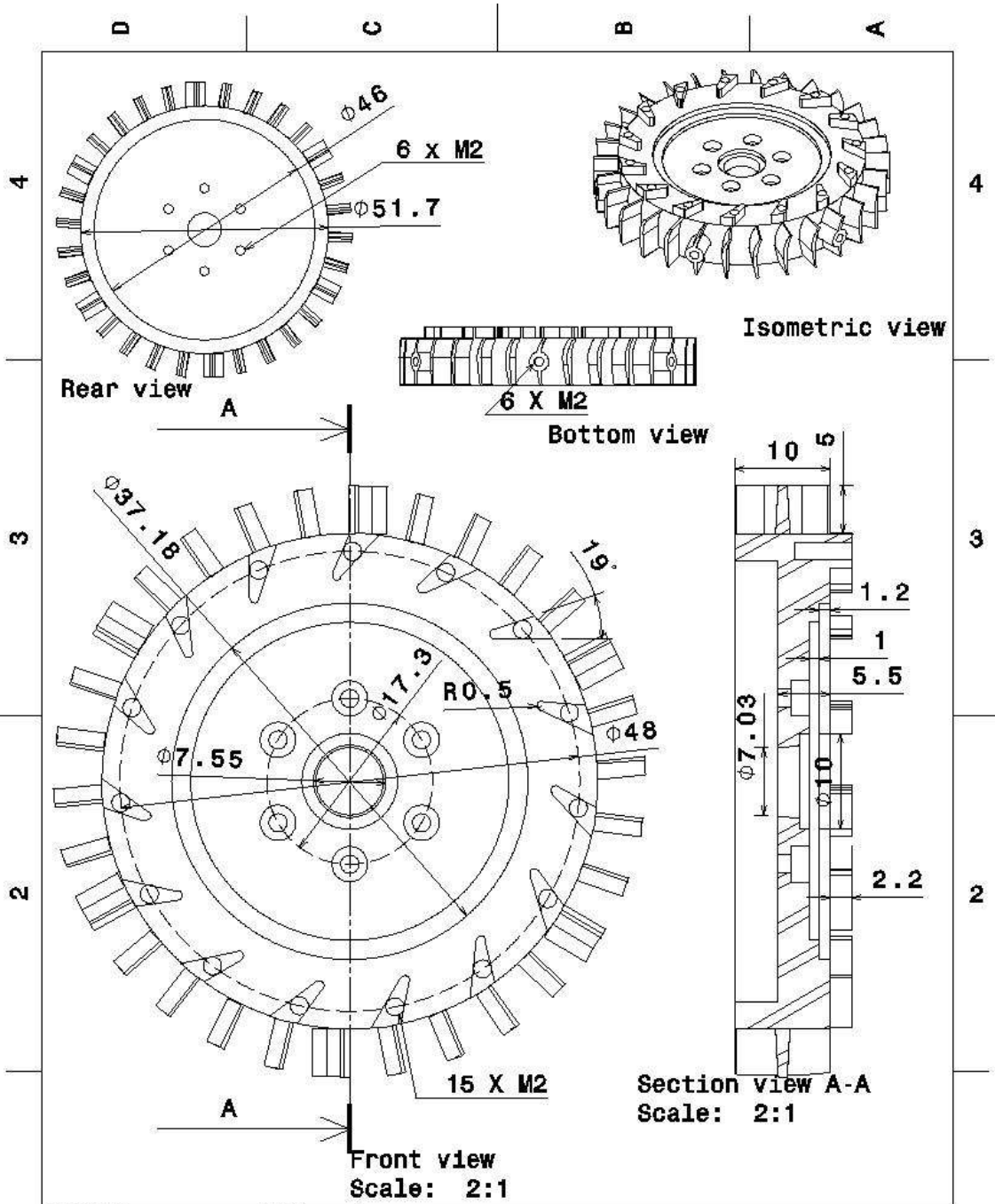
رحملا تانوكم تاموسر 2D - ب ق حلما يني بروتلا ك



DRAWN BY	DATE	INLET FLANGE			
RUI PEREIRA	05/11/2019				
CHECKED BY	DATE	SIZE	MATERIAL		
PROF. FRANCISCO BRÓJO	05/11/2019	A4	ALUMINIUM		
DESIGNED BY	DATE	SCALE	WEIGHT (kg)	UNITS	
RUI PEREIRA	05/11/2019	1:1	0.024	MILLIMETERS	SHEET 1/1

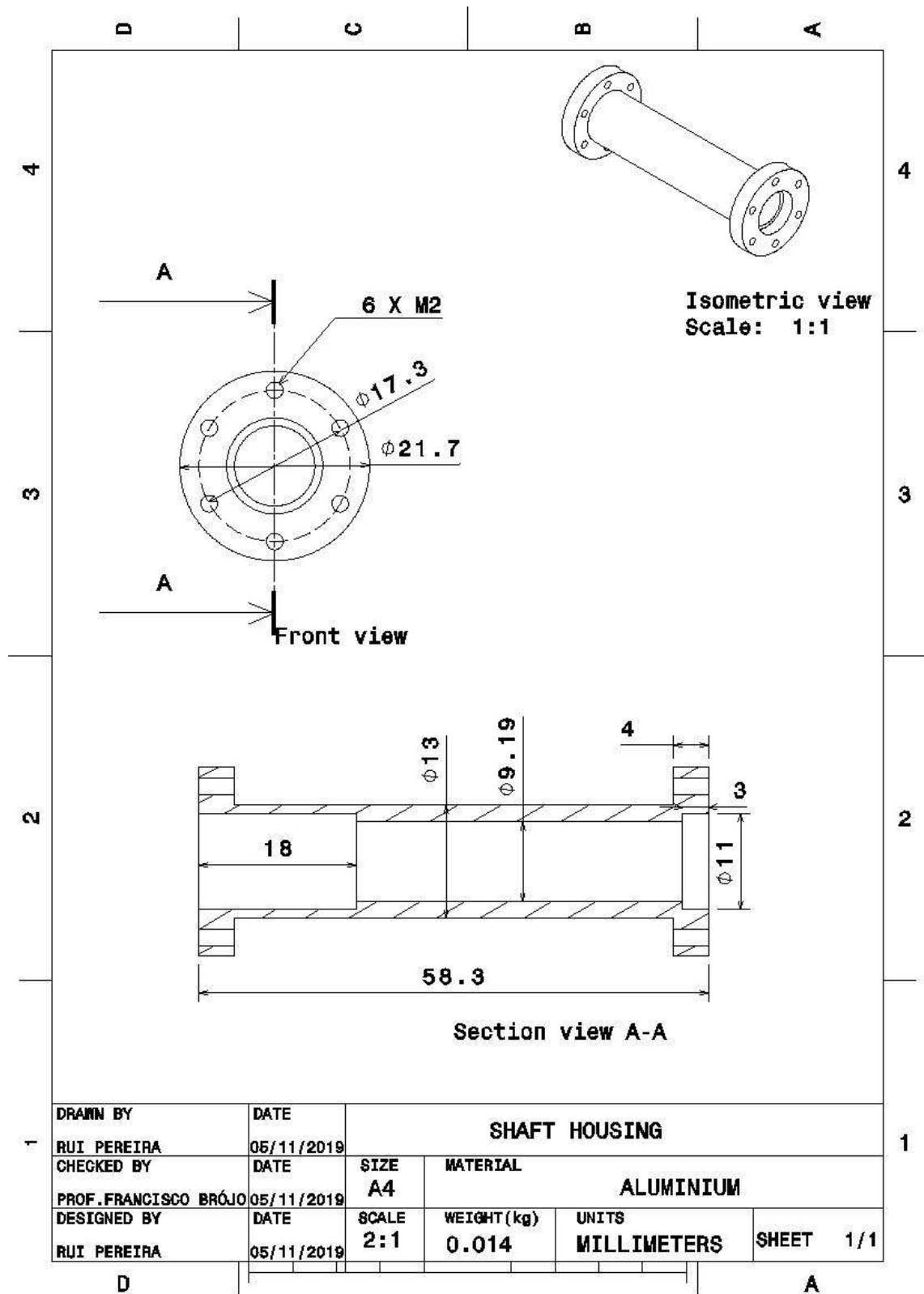


طغاضالءاطغ: 2. ب لكشلا

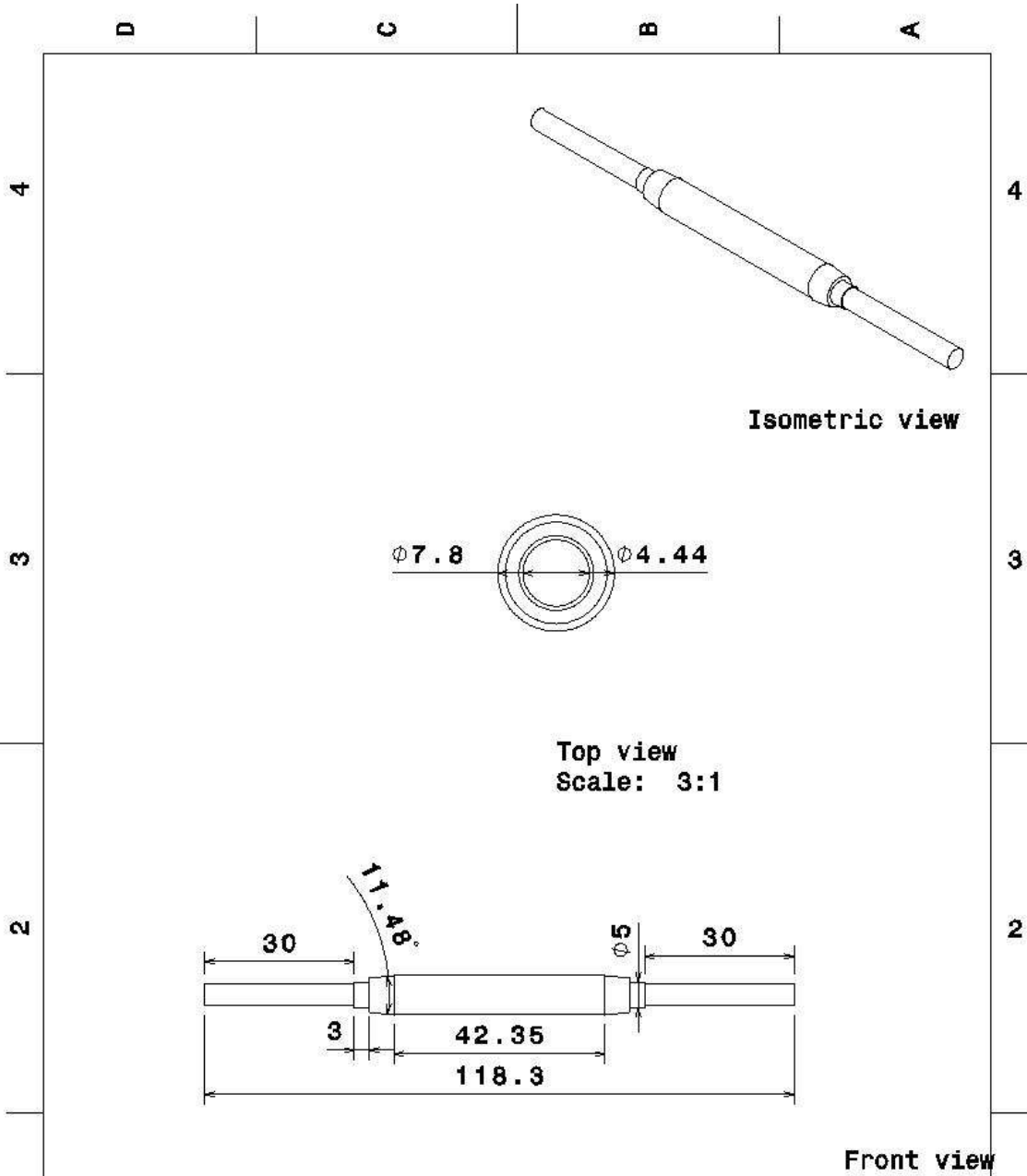


1	DRAWN BY	DATE	DIFFUSER				1
	RUI PEREIRA	05/11/2019					
	CHECKED BY	DATE	SIZE	MATERIAL			
	PROF. FRANCISCO BRÓJO	05/11/2019	A4	ALUMINIUM			
	DESIGNED BY	DATE	SCALE	WEIGHT (kg)	UNITS	SHEET	
	RUI PEREIRA	05/11/2019	1:1	0.034	MILLIMETERS	1/1	

عزوم 3: ب لكشلا

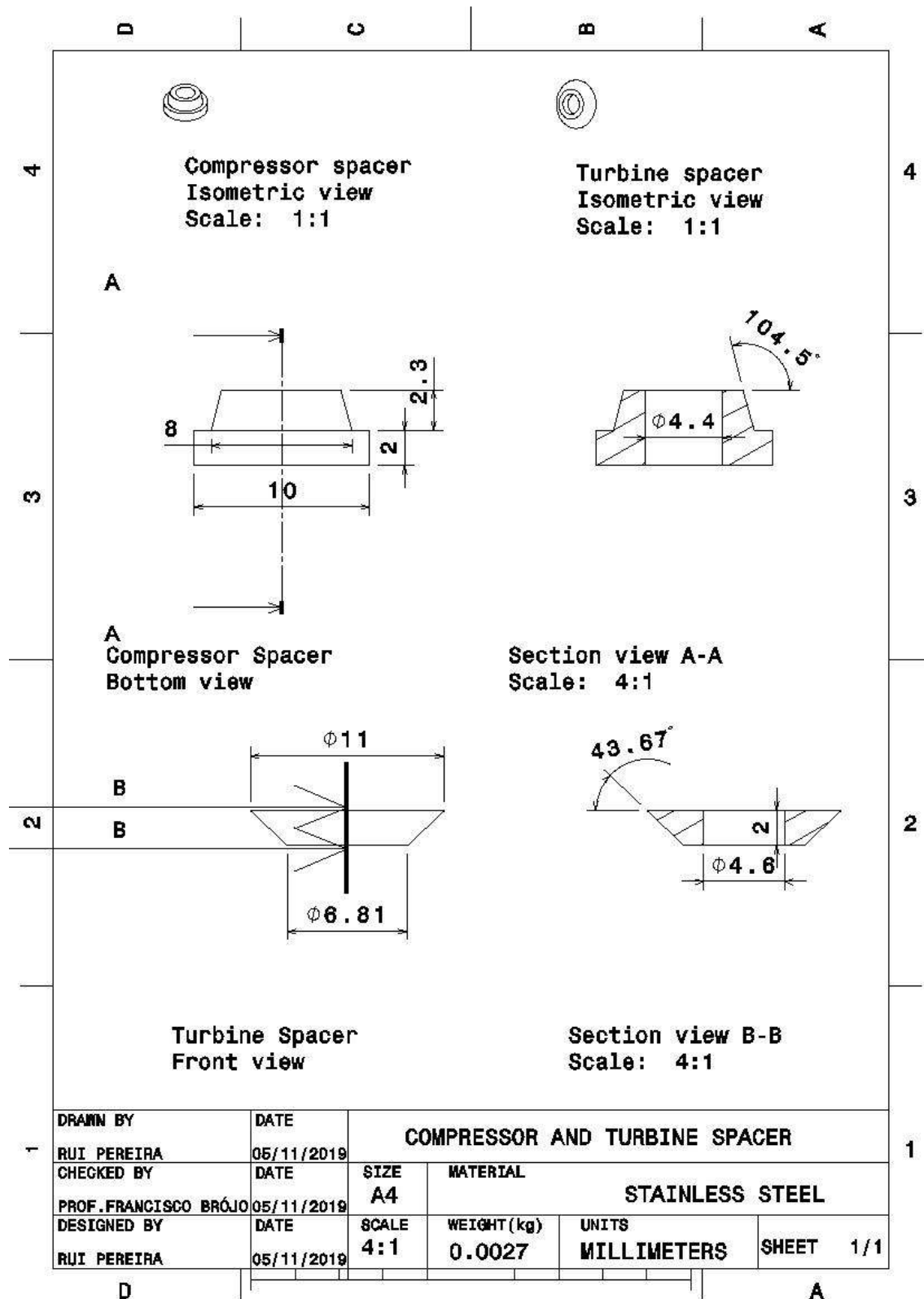


دومغلا ةيواح :4.ب لكشلا

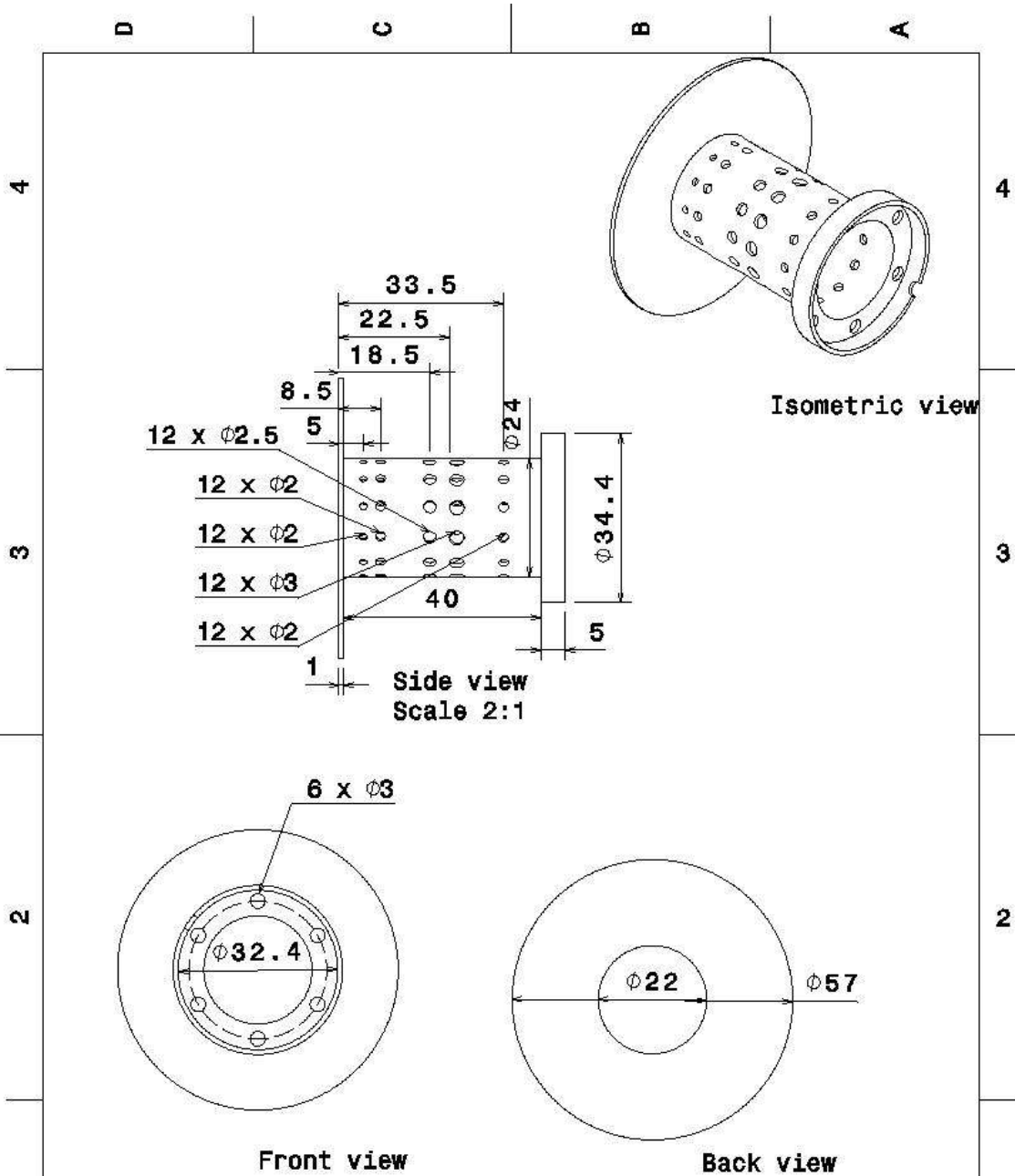


DRAWN BY	DATE	SHAFT				
RUI PEREIRA	05/11/2019					
CHECKED BY	DATE	SIZE	MATERIAL			
PROF. FRANCISCO BRÓJO	05/11/2019	A4	STAINLESS STEEL			
DESIGNED BY	DATE	SCALE	WEIGHT (kg)	UNITS	SHEET	
RUI PEREIRA	05/11/2019	1:1	0.027	MILLIMETERS	1/1	

دومع 5:ب لكشلا

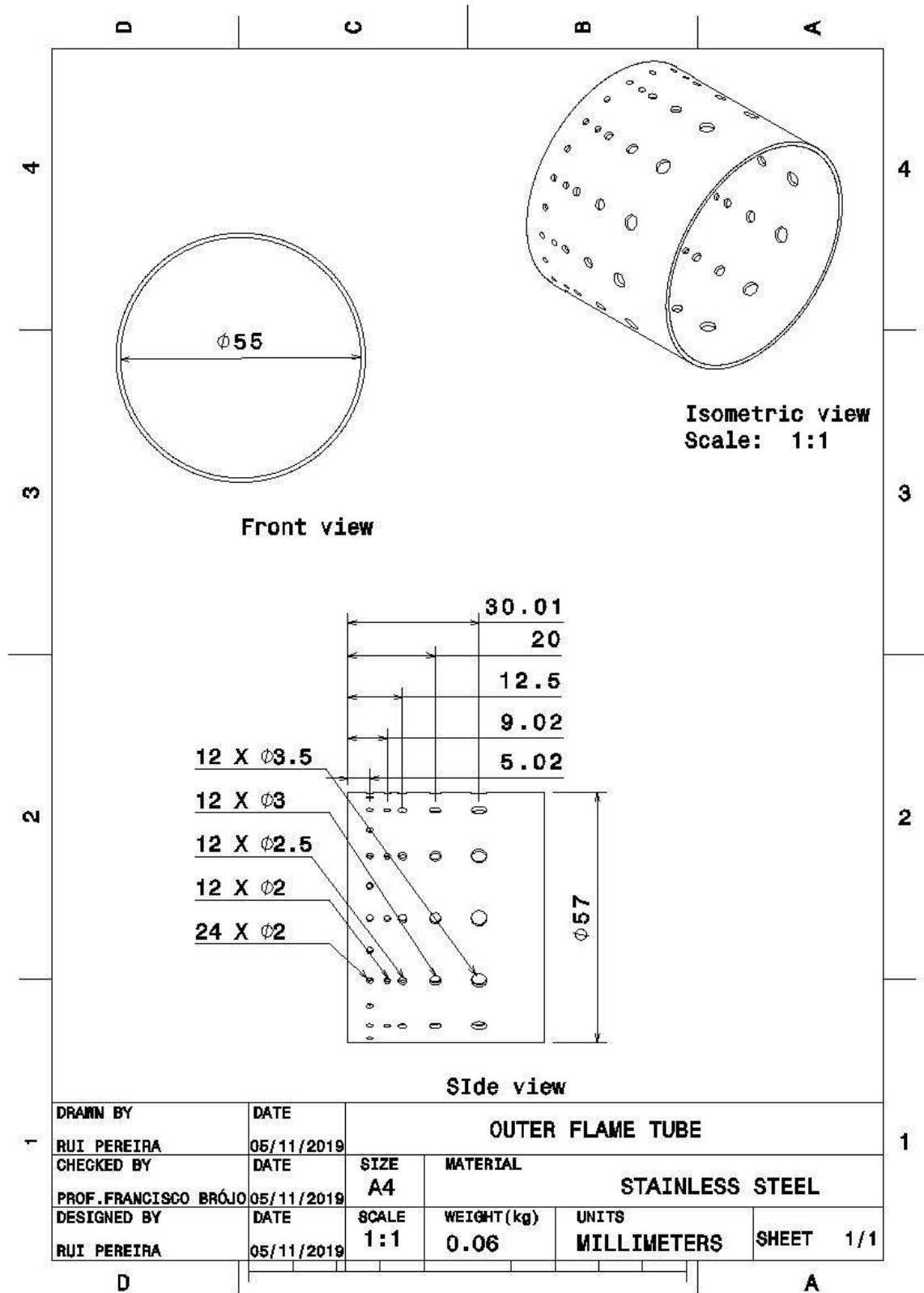


لصاوف: 6.ب لكشلا

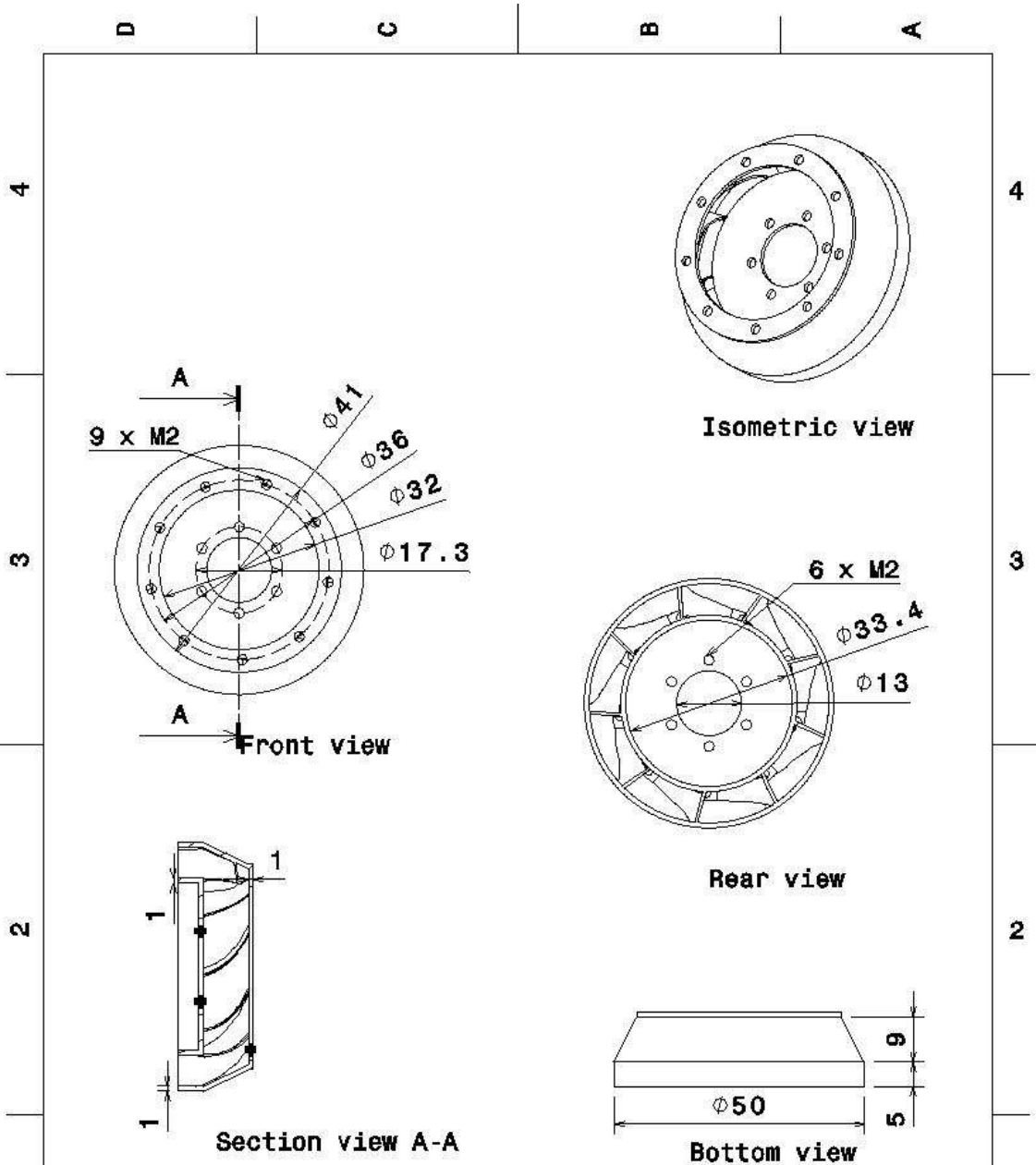


DRAWN BY	DATE	INNER FLAME TUBE			
RUI PEREIRA	05/11/2019				
CHECKED BY	DATE	SIZE	MATERIAL		
PROF. FRANCISCO BRÓJO	05/11/2019	A4	STAINLESS STEEL		
DESIGNED BY	DATE	SCALE	WEIGHT (kg)	UNITS	SHEET
RUI PEREIRA	05/11/2019	1:1	0.045	MILLIMETERS	1/1

دوقولال عقلل ح معد مع يلل خادال بللل بوبنأ B.7 لكشلال

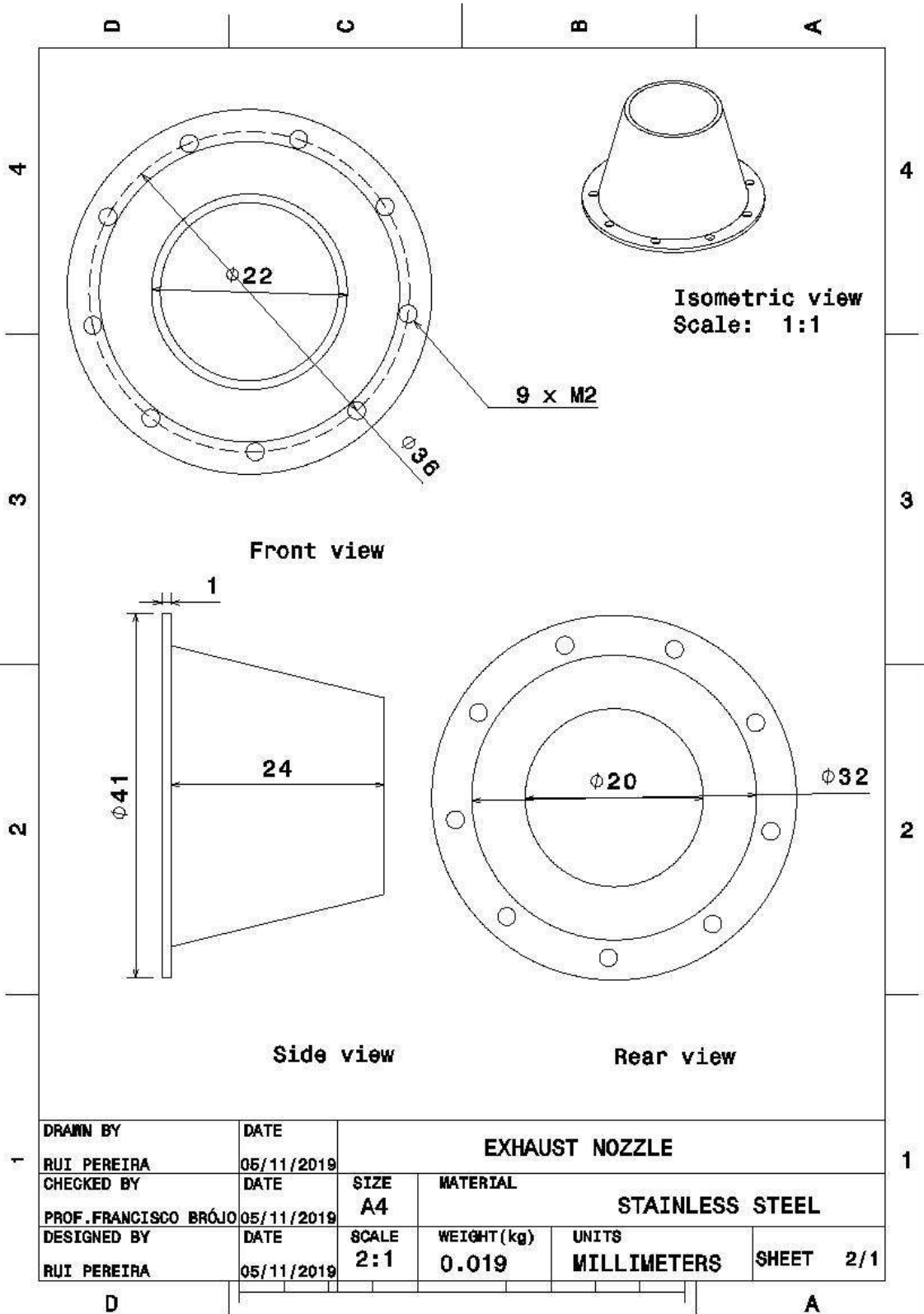


ي ج را خ ال به ل ال ب و ب ن أ : 8 ب ل ك ش ال



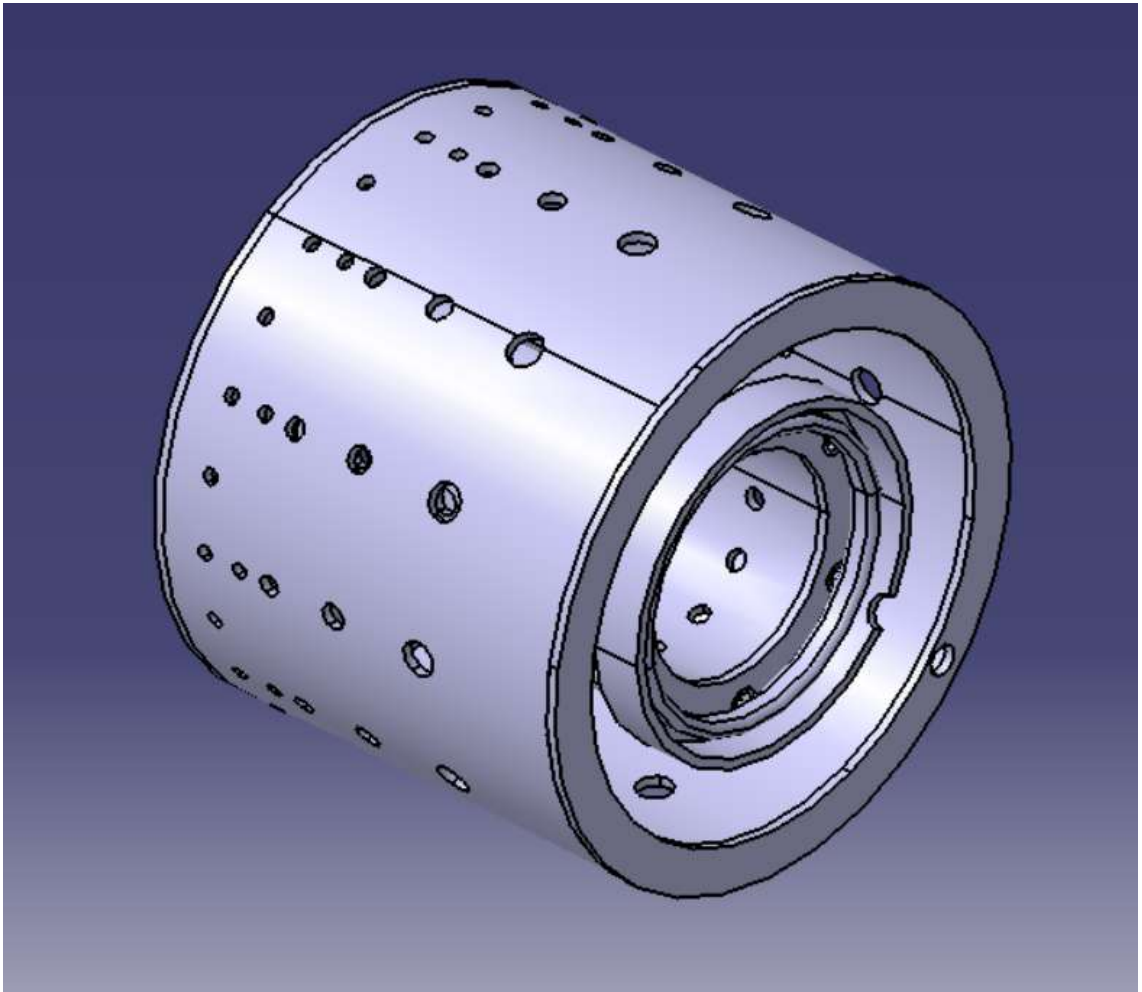
DRAWN BY	DATE	NOZZLE GUIDE VANES SYSTEM				
RUI PEREIRA	05/11/2019					
CHECKED BY	DATE	SIZE	MATERIAL			
PROF. FRANCISCO BRÓJO	05/11/2019	A4	STAINLESS STEEL			
DESIGNED BY	DATE	SCALE	WEIGHT (kg)	UNITS		
RUI PEREIRA	05/11/2019	1:1	0.032	MILLIMETERS	SHEET	1/1

هوف يليلد ماظن B.9 ل كشل

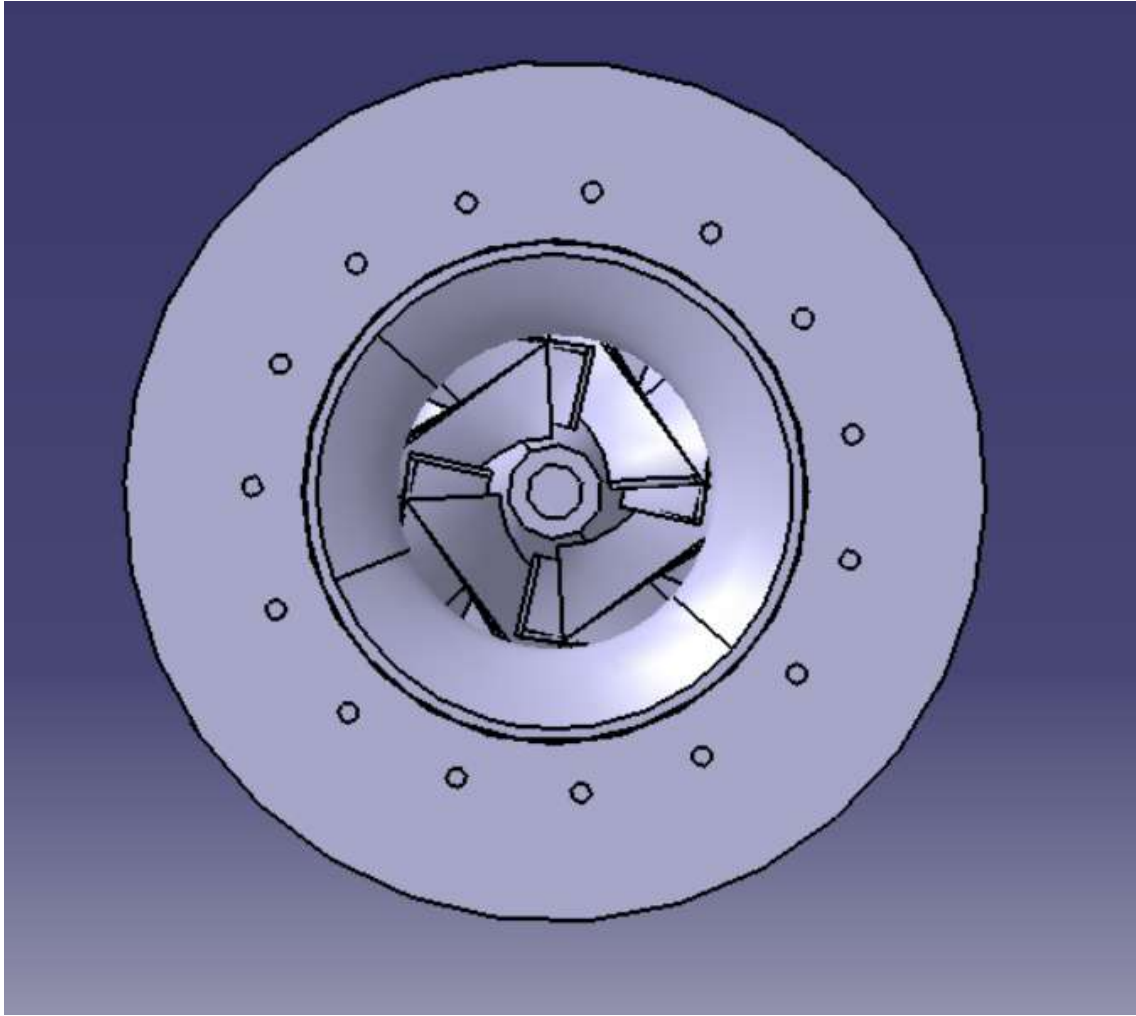


مداعال ؤهوف B.11 لكشلا

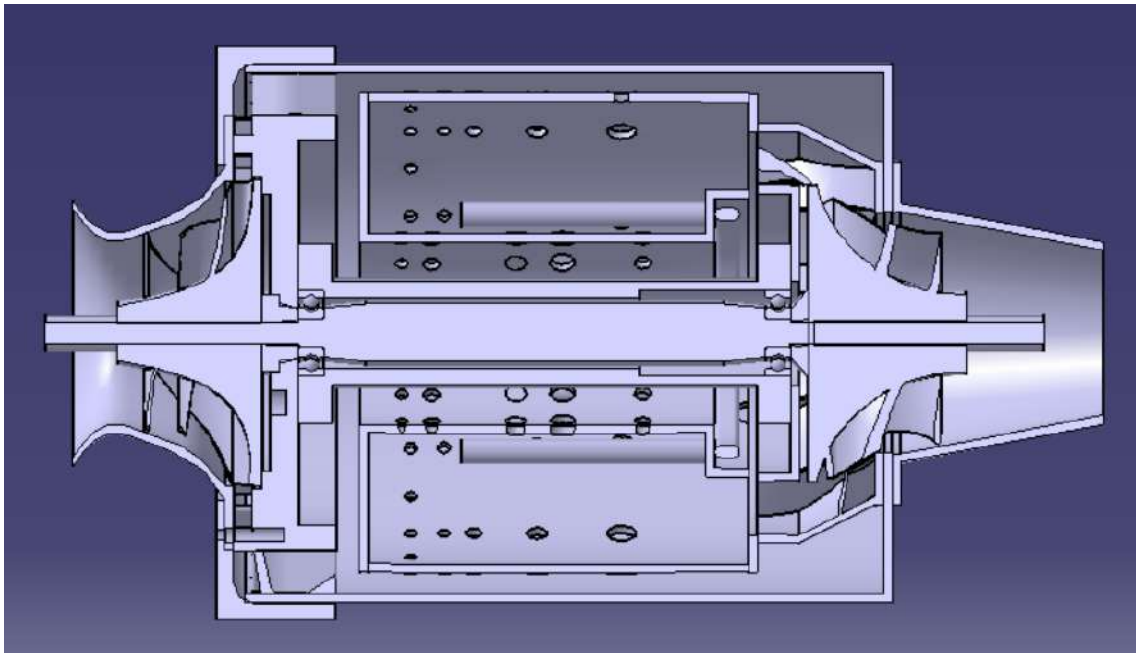
يني بروت كرحمل ضرع 3D ، 2D - ج قحل مل



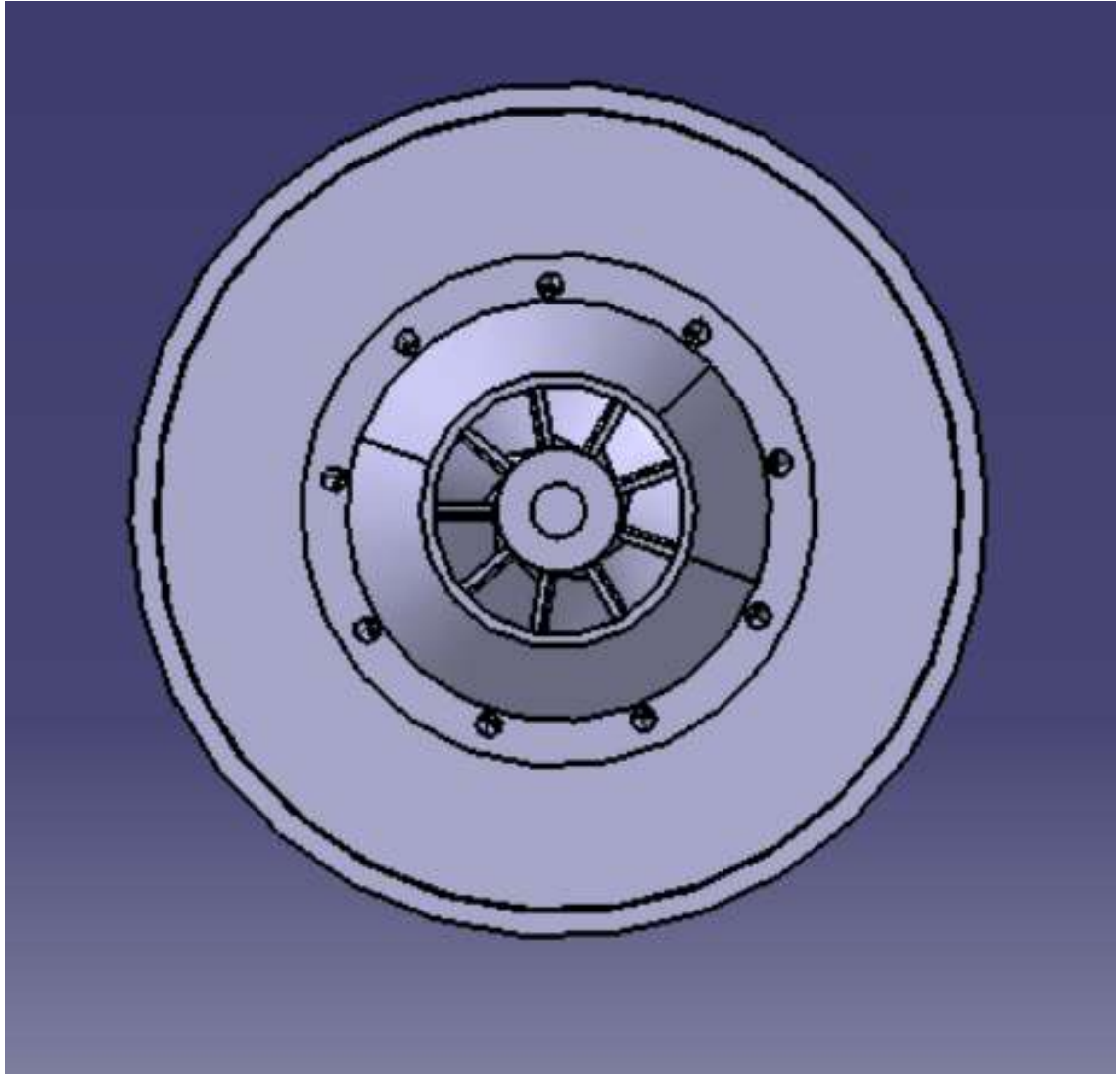
"قارت حال اة فرغ" C.1: لكشال



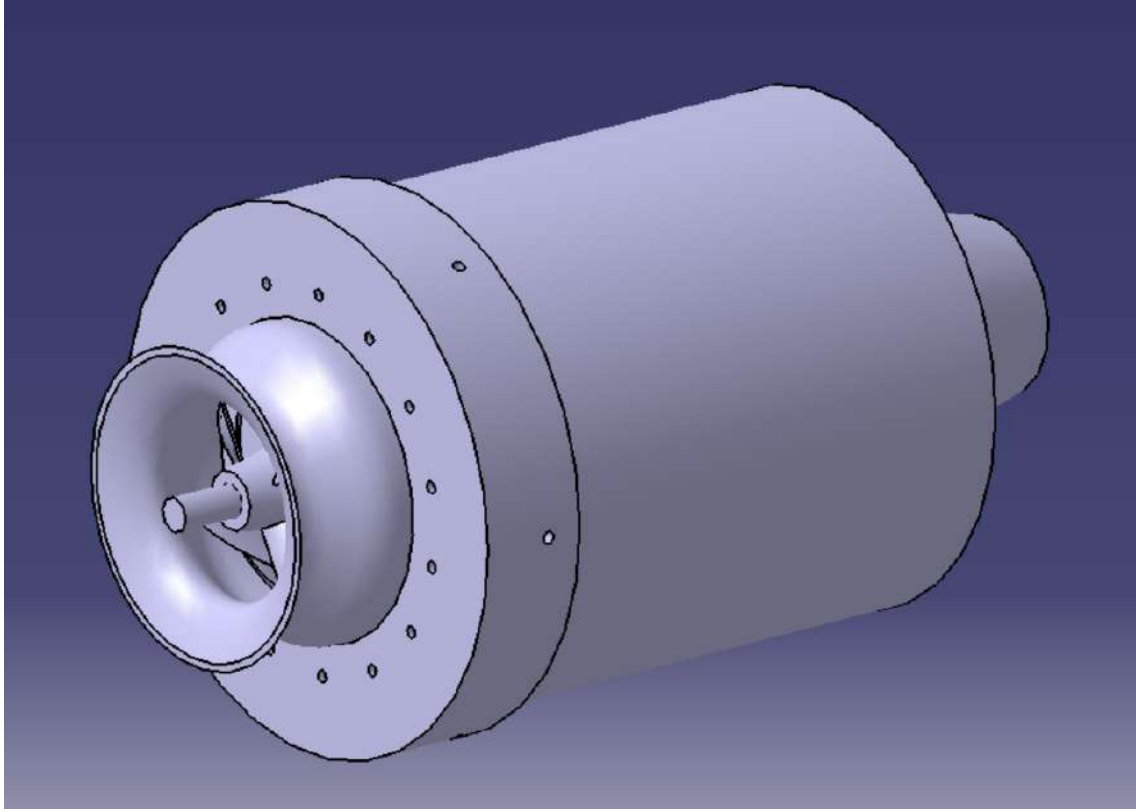
"تجوب روتل ل مام أ ضرع" C.2 لكشلا



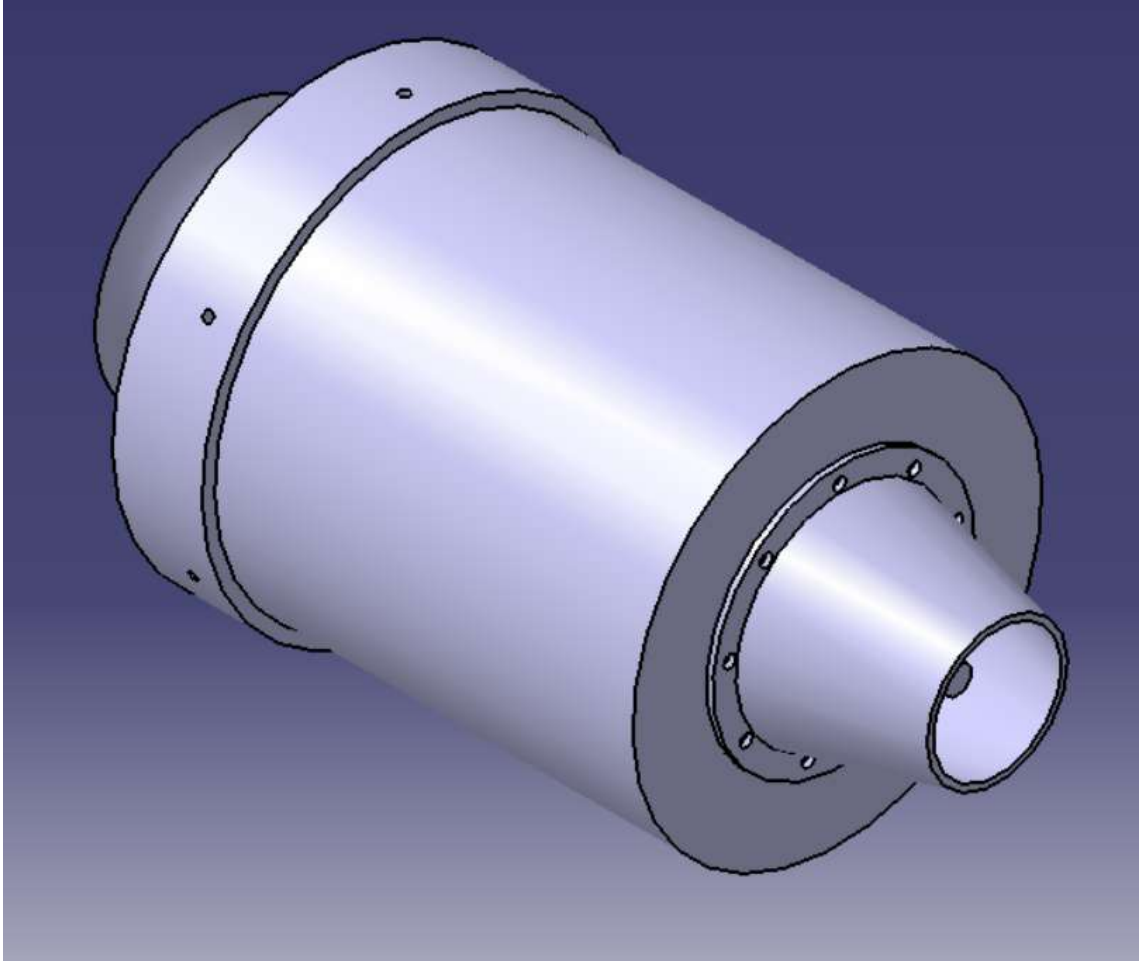
"تجوب روتل ل فصت نم ضرع" C.3 لكشلا



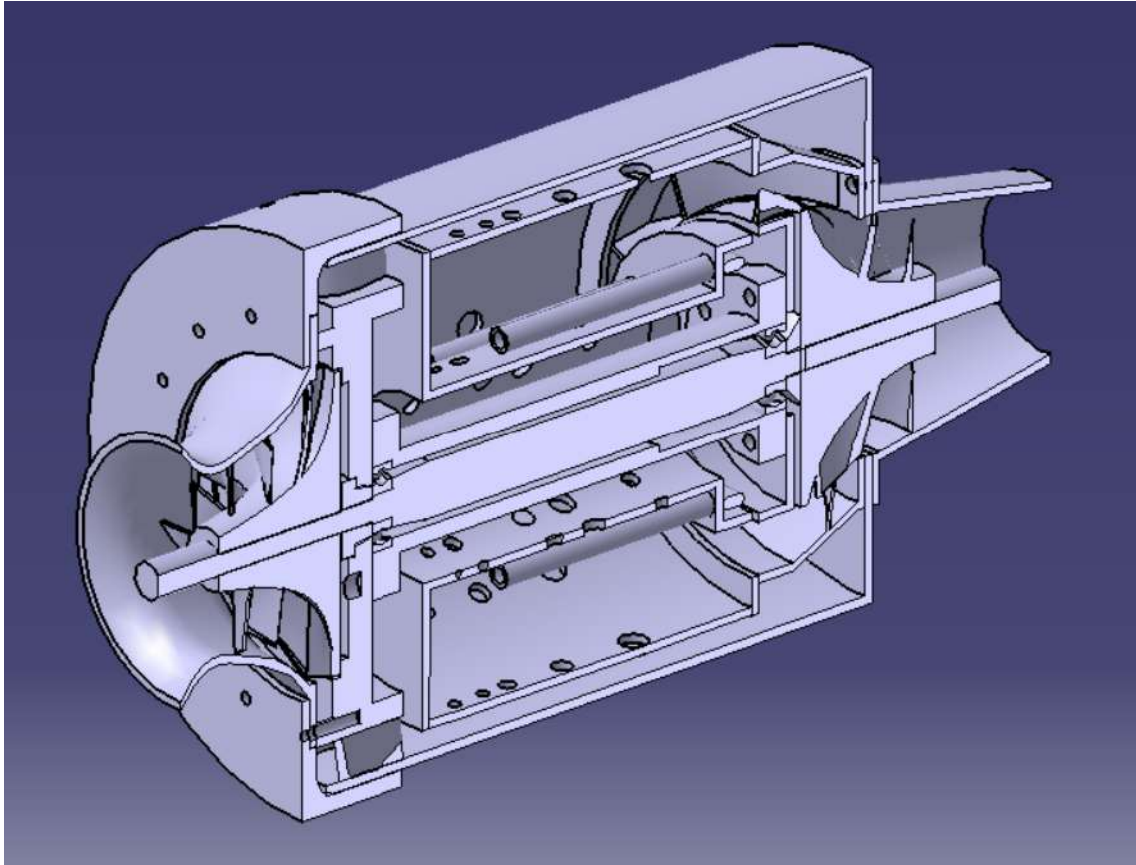
"تجوب روتل لي فلخ ضرع": C.4 لكشلا



1" 3D ينې پروت كړجمل یرتموزيإ ضرع: "C.5: لكشلا



"3D 2" نيڤي روت كرحم ليرتموزي اضرع": C.6 ل كشل



" 3D يني بروتال فصت نم ل يرت موزيإ رظنم " C.7 لكشال

ةيلعفل ينيروتل كرحملا ةرود - د قحلما

36] VZZ21 وبرتول فلنفل تافصاوملا : 2 ةلودجلا

		Type	RHF3	RHF4	RHF5	RHF55	RHF6	RHE61	RHE62	RHE7	RHE8
Item	Air Flow Rate (at: $\pi=2.0$)	m³/min ft³/min	0.75~6.3 26.5~222.5	1.0~9.4 35.3~332.0	1.4~10.8 49.4~381.4	2.4~13.5 84.8~476.8	3.1~16.5 109.5~582.7	3.3~17.5 116.5~618.0	4.5~20.0 158.9~706.3	5.5~24.0 194.2~847.6	7.0~30.0 247.2~1069.5
	Maximum Pressure Ratio		2.7	27	2.8	3.0	3.0	3.3	3.3	3.3	3.3
	Maximum Speed	X10³rpm	250	190	180	168	140	140	131	120	107
	Maximum Allowable Gas Temperature	°C	950	950	950	950	950	750	750	750	750
		°F	1742	←	←	←	←	1382	←	←	←
	Weight (without waste-gate valve)	kg	(1.9)	(2.6)	(3.2)	(5.1)	(6.7)	7.8	10.5	(11.4)	(15.0)
		lb	(4.2)	(5.7)	(7.1)	(11.2)	(14.8)	17.2	23.2	(25.1)	(33.1)
	Diesel Engine Application	Ps	20~100	46~130	54~154	85~200	100~40	50~260	70~300	80~360	105~450
	Gasoline Engine Application	Ps	27~135	62~177	73~208	115~270	135~322				
External Dimensions	A	m/m	135	167	170	207	223	238	253	231	251
	B		22	37	27	43	43	47	45	50	52
	C		133	163	167	201	222	234	245	253	270
	D		88	102	110	124	124	136	146	161	175
	E		58	65	70	75	75	78	76	86	95
	F		65	74	80	102	102	100	125	120	130
	G-1 with Waste- Gate Valve		162	180	211	237	237	256	291		
	G-2 without Waste- Gate Valve		(136)	(155)	(167)	(200)	(196)			(246)	(265)
	H-1 with Waste- Gate Valve		135	125	138	156	156	175	186		
	H-2 without Waste- Gate Valve		(127)	(125)	(138)	(156)	(156)			(195)	(215)

وه طغاضل نأ رابتعالا يف ذخال عم يلعل عف ةرود ليلحت ءارجا مت
 ىلعل لوصحلا مت 2، لودجال نم .ةقيقلال يف ةرود 200000 r ةعرسب رودي
 0.1047 هردق ، \dot{m}_a ، ءاوهلال ةلتك قفدت لدعم عم 2.2 غلبت π_c طغاضلل ةبسـن

$kg/s \cdot$

ةضرتفملا تاملعمل

M_0	0.05
V_r	$17 \cdot 35944 \text{ m/s}$
R	0.287 kJ/kgK
P_r	101.325 kPa
T_r	300 K
γ_c	1.4
γ_t	1.333
c_{pc}	$1 \cdot 005 \text{ kJ/kgK}$
c_{pt}	$1 \cdot 148 \text{ kJ/kgK}$
T_{04}	873.15 K
FHV	46300 kJ/kg [29]
η_i	0.7
η_c	0.7
π_c	2.2
λ	0.8
η_b	0.9
$\% \Delta P_c$	2
η_t	0.8
η_n	0.8

ريغص يني بروت كرحم عي نصت و مي نصت

• لخدم

$$\begin{array}{ll} P_{02} & 101.4492 \text{ kPa} \\ T_{02} & 300.15 \text{ K} \\ \pi_i & 1.001226 \end{array}$$

• طغاض

$$\begin{array}{ll} P_{03} & 223.1882 \text{ kPa} \\ T_{03} & 408.4893 \text{ K} \\ Q_c & 11.39 \text{ kJ/s} \end{array}$$

• دقوم

$$\begin{array}{ll} P_{04} & 218.7244 \text{ kPa} \\ f & 0.01455321 \end{array}$$

• ن ي بروت

$$\begin{array}{ll} P_{05} & 147.534 \text{ kPa} \\ T_{05} & 791.3519 \text{ K} \\ W_t & -9.824 \text{ kJ/s} \end{array}$$

• ةهوفلل جرحال طغضال صحف

$$\begin{array}{ll} P_{06}/P_c & 2.196106 \text{ kPa} \\ P_{06}/P_a & 1.456047 \text{ K} \end{array}$$

(قن تخم ريغ) $P_{06}/P_c > P_{06}/P_a$

$$\begin{array}{ll} V_7 & 22.17492 \text{ m/s} \\ T_{07} & 577.1850 \text{ K} \end{array}$$

ةثافنل ةرياطل كرحم ءادأ تاملعم

$$\text{Specific Thrust } F/\dot{m} \quad 5.138204 \text{ Ns/kg}$$

$$TFSC \quad 10.19647 \text{ kg/Nh}$$

$$\eta^{th} \quad 0.1465787 \text{ ةي رارجل ءءافكل}$$

$$\eta_p \quad 0.88348601 \text{ عفدل ءءافكل}$$

$$\eta^o \quad 0.1319971 \text{ ةمءال ءءافكل}$$

