



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Arunas Jozef Balunas

AUTOMATINIO GITAROS STYGŲ DERINIMO
MECHANIZMO PROJEKTAVIMAS IR TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Sigitas Kilikevičius

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

TVIRTINU

Katedros vedėjas
(parašas) prof. dr. Vytautas Grigas
(data)

**AUTOMATINIO GITAROS STYGŲ DERINIMO
MECHANIZMO PROJEKTAVIMAS IR TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Mechanikos inžinerija 621H30001

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Sigitas Kilikevičius
(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Marius Rimašauskas
(data)

Projektą atliko

(parašas) Arunas Jozef Balunas
(data)

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino

(Fakultetas)

Arunas Jozef Balunas

(Studento vardas, pavardė)

Mechanikos inžinerija, 621H30001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Automatinio gitaros stygų derinimo mechanizmo projektavimas ir tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Aruno Jozef Baluno** baigiamasis projektas tema „Automatinio gitaros stygų derinimo mechanizmo projektavimas ir tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Balunas, A. J. Automatinio gitaros stygų derinimo mechanizmo projektavimas ir tyrimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Sigitas Kilikevičius; Kauno technologijos universitetas, mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, mechanikos inžinerijos katedra.

Studijų kryptis ir sritis: Mechanikos inžinerija, Technologiniai mokslai

Reikšminiai žodžiai: *gitarą, stygos, mechanizmas, muzikos instrumentas, akustika.*

Kaunas, 2016. 54 psl.

SANTRAUKA

Šio magistro baigiamojo projekto tikslas – suprojektuoti automatinį gitaros derinimo mechanizmą. Tyrimo procesą sudarė šie etapai: 1) Literatūros analizė; 2) Stygų dažnio matavimas; 3) Stygų stiprumo analizė ir ribinio dažnio radimas. Ketvirtoje darbo dalyje aprašytas projektavimo procesas, o penktoje – išvados.

Pirmame skyriuje trumpai apžvelgiami akustikos pagrindai, gitarų derinimo mechanizmų ir stygų konstrukcijos.

Antroje dalyje matuojami stygų dažniai naudojant „ZOOM G5“ elektroninę įrangą. Trečioje dalyje aprašytos stygų medžiagų charakteristikos ir atliekamas jų stiprumo skaičiavimas, nustatomas ribinis trūkimo dažnis naudojant „ANSYS Workbench 16.2“ programą.

Ketvirtoje dalyje „ANSYS Workbench 16.2“ ir „SolidWorks 2016“ programinių paketų pagalba suprojektuotas velenas ir sliekinė perdava, parinktas tinkamas variklis, aprašomas įrenginio prototipas.

Paskutinėje dalyje pristatomos baigiamojo projekto išvados.

Balunas, A. J. Research and Development of Automatic Guitar Strings Tuning Mechanism. *Master degree* final project / supervisor doc. dr. Sigitas Kilikevičius; Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Department of Mechanical Engineering.

Study area and field: Mechanical Engineering, Technological Sciences

Key words: *guitar, strings, mechanism, music instrument, acoustics*

Kaunas, 2016. 54 p.

SUMMARY

The aim of this work is to design an automatic guitar tuning mechanism. The steps of the research process are the following: 1) Literature analysis, 2) String frequency measuring, 3) String strength analysis and marginal frequency calculation. Project-based section is in the fourth part of the project. The fifth part contains project conclusions.

The first part contains a bit of information about acoustics, guitar tuning mechanisms and strings.

In the second part are presented string frequency measurements using electronic equipment. The third part contains information about string materials and that characteristics. There are presented string strength and marginal frequency calculations using „ANSYS Workbench 16.2“ software.

The project-based part present shaft and worm gear design using „ANSYS Workbench 16.2“ & „SolidWorks 2016“ software, proper motor choosing and information about already built prototype of the device.

In the last part are presented final project conclusions.

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Tvirtinu:

Mechanikos inžinerijos katedros vedėjas
Vytautas Grigas

(Parašas, data)

Mechanikos inžinerijos krypties studijų
programų vadovas Kęstutis Pilkauskas

(Parašas, data)

MAGISTRANTŪROS UNIVERSITETINIŲ STUDIJŲ BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS
Studijų programa: MECHANIKOS INŽINERIJA - 621H30001

Patvirtinta 2016 m. Gegužės mėn. 3 d. dekanų įsakymu Nr. V 25-11-7

Išduota MSM-4/5 gr. studentui Arunas Jozef Balunas

- | | |
|---------------------|---|
| 1. Darbo tema: | Automatinio gitaros stygų derinimo mechanizmo projektavimas ir tyrimas.
Research and Development of Automatic Guitar Strings Tuning Mechanism. |
| 2. Darbo tikslas: | Suprojektuoti automatinį gitaros derinimo mechanizmą. |
| 3. Darbo uždaviniai | <ul style="list-style-type: none">• išanalizuoti literatūrą, susijusią su darbo tema;• išmatuoti gitaros stygų dažnius naudojant elektroninę įrangą;• atlikti stygos modalinę ir stiprumo analizę ANSYS programoje;• pagal gautus tyrimo rezultatus suprojektuoti automatinį gitaros derinimo prietaisą;• atlikti svarbiausių mechanizmo detalių stiprumo analizes. |

4. Specialūs reikalavimai ir sąlygos

Suprojektuoti automatinį gitaros derinimo mechanizmą naudojant sliekinę perdavą.

5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo darbo dalis

6. Darbo pateikimo (gynimui) terminas

iki

(data)

Užduotį gavau:

(studento vardas, pavardė, parašas)

(data)

Vadovas:

(pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

TURINYS

ĮVADAS	7
1. LITERATŪROS APŽVALGA	8
1.1. Gitaros istorija ir rūšys	8
1.2. Elektrinių gitarų keitikliai ir jų veikimo principas	10
1.3. Stygos, naudojamos gitarose	12
1.4. Stygų stiprumo savybės	13
1.5. Stygų dažniai	14
1.6. Stygų derinimo principas ir būdai	15
1.7. Literatūros apžvalgos apibendrinimas	17
2. STYGŲ DAŽNIO MATAVIMAS	18
2.1. Bendra apžvalga	18
2.2. Stygos dažnio matavimas naudojant dažnio spektro analizės programą „PRAAT“	18
2.3. Išvados ir rezultatų apibendrinimas	22
3. STYGŲ STIPRUMO ANALIZĖ IR RIBINIO DAŽNIO RADIMAS	23
3.1. Stygų medžiagos nustatymas ir charakteristikos	23
3.2. ANSYS skaičiavimo blokai ir medžiagos nustatymai	26
3.3. Parametrai ir skaičiuojamoji dalis	27
3.4. Analizės rezultatai	31
3.5. Aukštesnio derinimo stiprumo patikrinimas	31
3.6. Išvados ir rezultatų apibendrinimas	33
4. DERINIMO MECHANIZMO PROJEKTAVIMAS	35
4.1. Bendra konstravimo apžvalga	35
4.2. Veleno stiprumo ir variklio galingumo skaičiavimas	36
4.3. Veleno antivibracinių savybių gerinimas	39
4.4. Variklio parinkimas	41
4.5. Sliekinės perdavos parametrai ir variklio galingumo skaičiavimas „SolidWorks Motion“ programa	42
4.6. Sliekinės perdavos stiprumo skaičiavimas	46
4.7. Derinimo mechanizmo kinematinė schema ir prototipo gamyba	49
5. IŠVADOS	52
LITERATŪROS SĄRAŠAS	53
PRIEDAI	55

ĮVADAS

Temos aktualumas: Muzikalumas – tai vienas iš daugelio žmogaus talentų. Pasaulyje yra labai daug muzikantų, naudojančių naujas technologijas savo kūryboje. Norint, kad muzikos technologijų mokslo šaka vystytųsi kartu su naujų technologijų tobulėjimo sparta, reikia senovinius baroko epochos instrumentus pritaikyti prie skaitmeninės aparatūros. Visi šiuolaikiniai kūriniai įrašomi naudojant skaitmeninę techniką ir aparatūrą. Garsą galima lengvai apdoroti įvairiomis kompiuterinėmis programomis. Tokiomis programomis šalinami garso įrašymo metu atsiradę trikdžiai, garso dažnį galima paaukštinti arba pažeminti.

Pritaikomumas: Automatinis gitaros derinimo prietaisas puikiai tinka muzikos atlikėjams, kurie koncerto metu nori greitai pakeisti gitaros stygų derinimą kitu.

Darbo tikslas: Atlikti stygų stiprumo skaičiavimą sujungiant modalinės ir stiprumo analizės aspektus. Atlikus analizę, suprojektuoti automatinį stygų derinimo mechanizmą.

Darbo uždaviniai:

- išanalizuoti literatūrą, susijusią su darbo tema;
- išmatuoti gitaros stygų dažnius naudojant elektroninę įrangą;
- atlikti stygos modalinę ir stiprumo analizę ANSYS programoje;
- pagal gautus tyrimo rezultatus suprojektuoti automatinį gitaros derinimo prietaisą;
- atlikti svarbiausių mechanizmo detalių stiprumo analizę.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Gitaros istorija ir rūšys

Gitara – muzikos instrumentas, priklausantis styginių instrumentų grupei. Pagrindinės jos dalys, tai korpusas, grifas, stygos ir derinimo galvutės. Gitaros vaizdas parodytas 1.1 pav.

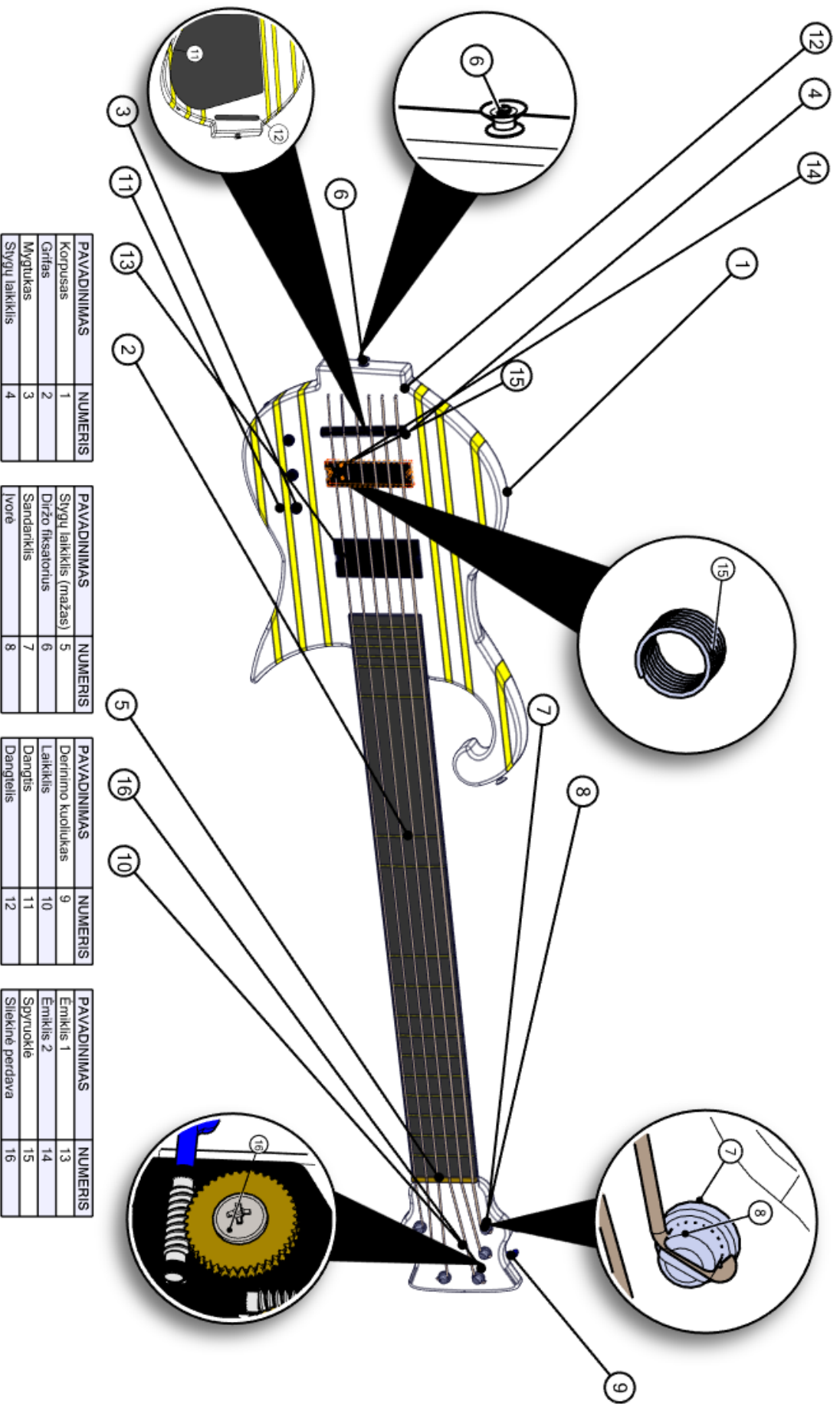
Pirmieji instrumentai, panašūs į šiuolaikines gitaras, buvo naudojami jau 3000 metų p. k. vidutinėje Azijos dalyje ir Indijoje. Mokslininkai mano, jog gitara kilusi iš senovinio instrumento, vadinamo *cithara*, kuris reiškia „stygą“. Žodis *gitara* buvo pirmą kartą paminėtas X a. Ispanijoje, kai maurai atkeliavo su tokiais instrumentais į Pirėnų pusiasalį [1].

Gitaros skirstomos į dvi pagrindines rūšis:

- akustines
- elektrines

Akustinės gitaros kilusios iš klasikinių gitarų. Akustinė gitara turi sustiprintą korpusą, pritaikytą naudoti plieninėms stygomis, kurių didelė tempimo jėga. Abiejose gitarose garsas stiprinamas rezonansiniame būgne. Akustinė gitara pranašesnė tuo, kad joje galima panaudoti įvairias stygas, priklausomai nuo to, kokį garsą norima išgauti.

Elektrinė gitara – gitara, kurioje stygos virpėjimas, atsiradęs magnetiniame lauke, pakeičiamas įtampos signalu naudojant ėmiklį (generatorinį keitlį). Pirmas gitarinis signalo keitlys buvo pagamintas 1931 m. iš vielos ir magneto.



PAVADINIMAS	NUMERIS
Korpusas	1
Grifas	2
Mygtukas	3
Slygų laikiklis	4

PAVADINIMAS	NUMERIS
Slygų laikiklis (mažas)	5
Diržo fiksatorius	6
Sandariklis	7
Ivorė	8

PAVADINIMAS	NUMERIS
Derrimo kuolukas	9
Laikiklis	10
Dangtis	11
Dangtelis	12

PAVADINIMAS	NUMERIS
Erniklis 1	13
Erniklis 2	14
Spyruokle	15
Silekinė perdava	16

1.1 pav. Elektrinės gitaros dalys

1.2. Elektrinių gitarų keitikliai ir jų veikimo principas

Kaip buvo minėta anksčiau, elektrinėse gitarose garsas stiprinamas naudojant elektros energiją. Garso signalas iš keitiklio patekęs į stiprintuvą stiprinamas ir apdorojamas.

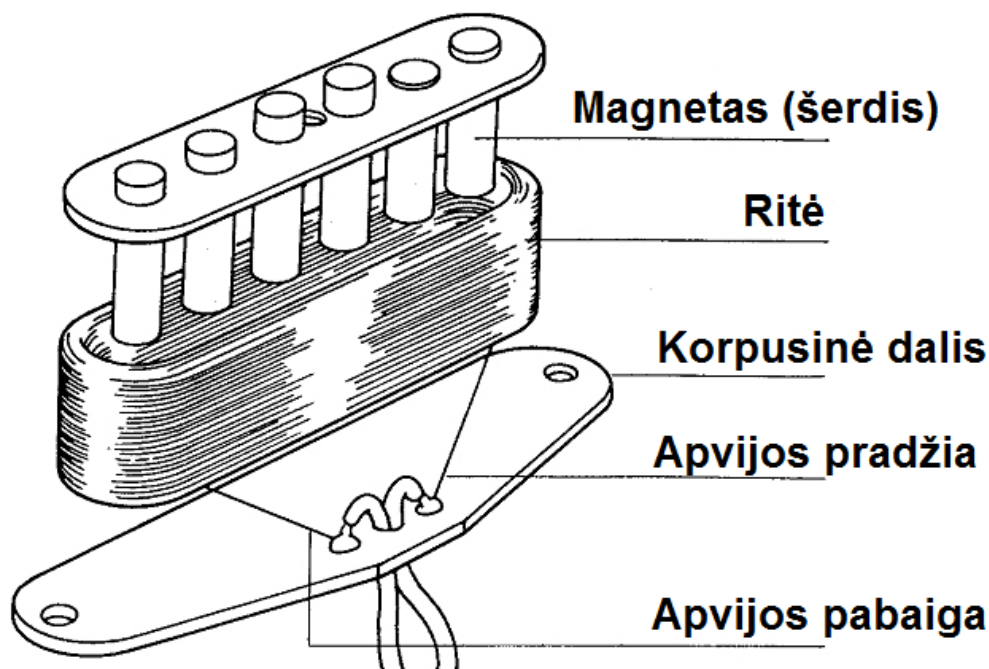
Gitaros keitiklių rūšys [3]:

- magnetoelektriniai;
- pjezoelektriniai;
- optiniai.

Labiausiai paplitę yra magnetoelektriniai keitikliai. Jie susideda iš nuolatinio magneto, šerdies ir induktoriaus. Šerdžių skaičius dažniausiai lygus stygų skaičiui. Visas šerdis prižiūrėti gali vienas induktorius, arba kiekviena šerdis gali turėti savo atskirą induktorių. Nuolatiniai magnetai sukuria magnetinį lauką, keliaujantį per šerdis ir stygas. Kai kuriais atvejais pačios šerdys pagamintos iš magnetinės medžiagos. Ėmiklių korpusai gaminami iš plastiko, rečiau skardos. Kiekvienas garso signalo keitiklis turi dvi montavimo skylės.

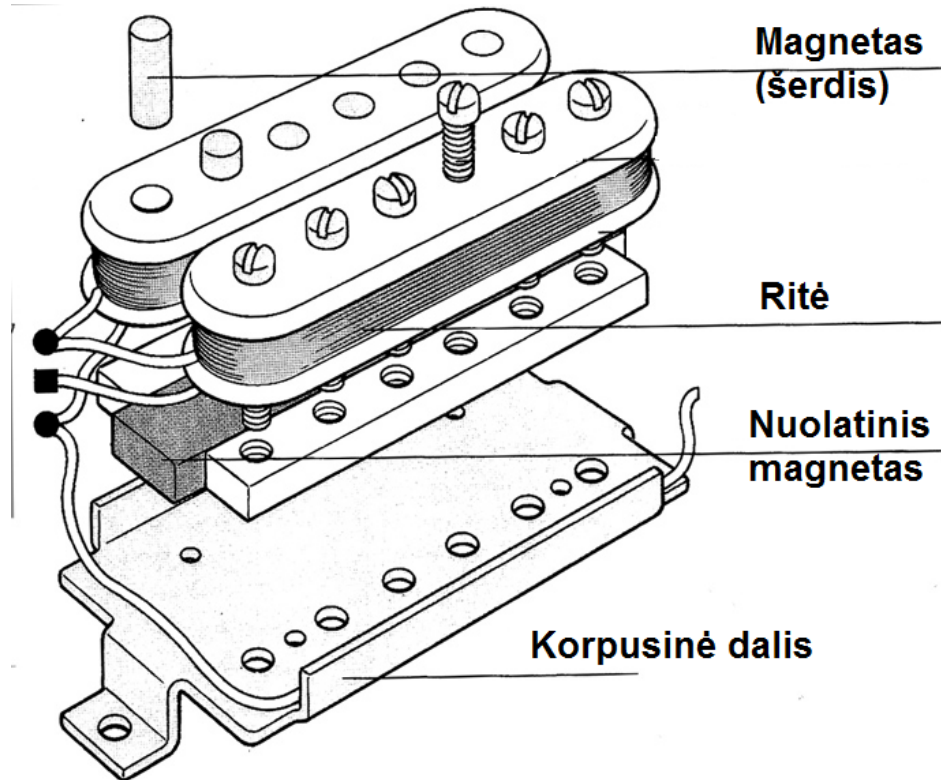
Išskiriami du šių gitaros ėmiklių tipai [3]:

- vienos ritės (angl. single coil);



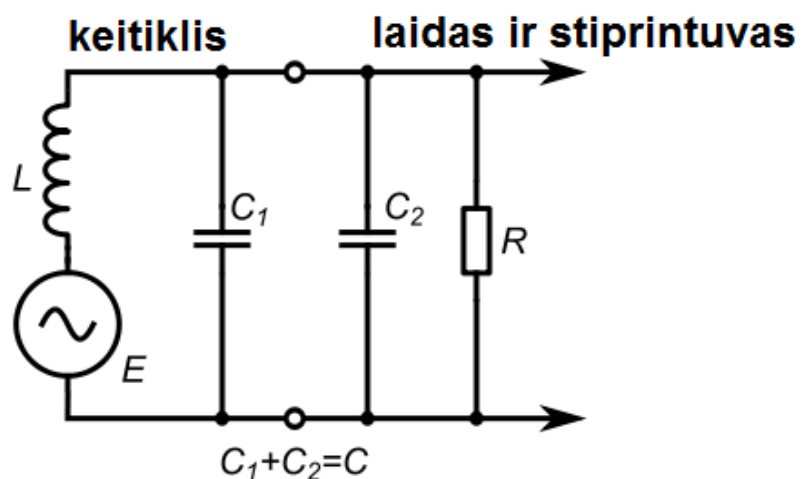
1.3 pav. Vienos ritės magnetoelektrinio keitiklio schema [2]

- dviejų ričių (angl. humbucker).



1.4 pav. Dviejų ričių magnetoelektrinio keitiklio schema [2]

Dviejų ričių ėmikliuose indukuojama kintama elektrovaros jėga. Vienos ritės ėmiklių trūkumas – stiprintuvo magnetinių dalių indukavimas. Dėl stiprintuvo transformatoriaus ir induktoriaus atsiranda nepageidaujamų triukšmų. Dviejų ričių tipo ėmiklis šios problemos neturi. Visi trikdžiai panaikinami, nes induktoriai sujungti priešfaze [3].



1.5 pav. Gitaros ėmiklio su stiprintuvu jungimo grandinė [2]

1.5 pav. parodyta magnetoelektrinio keitiklio schema. Sprendžiant iš šios elektros grandinės didelę įtaką keitiklio veikimui turi gitaros laido, einančio į stiprintuvą, talpa C_2 ir paties keitiklio

varža R . Esant tam tikram dažniui f , įvyksta indukcinis (L) ir talpinis (C) rezonansas. Rezonanso metu į stiprintuvą ateinantis garso signalas gali pasiekti 12 dB. Virš rezonansinio dažnio talpa C ir induktyvumas L sudaro žemo dažnio filtrą. Žemo dažnio filtras – tai elektros grandinė, praleidžianti tik tam tikro dažnio signalą. Jo veikimą aprašo funkcija [3]:

$$G(s) = \frac{K}{Ts+1} \quad (1.1)$$

čia:

T – laiko pastovioji

s – Laplaso operatorius, $s = j2\pi f$

Rezonansinis dažnis f kinta nuo 2 iki 5 kHz ir turi didelę įtaką gitaros skambesiui. Esant 2 kHz, garsas būna minkštas, o 5 kHz – skardus ir triukšmingas. Dirbtinai padidinus kondensatoriaus C talpą, rezonansinis dažnis sumažėtų. Jeigu rezistorius R turės mažą vertę, tada grandinės dalis LC turės mažą amplitudę ir neįvyks rezonansas [2].

Keičiant anksčiau minėtus parametrus, galima gauti norimą gitaros skambesį. Maksimali įtampos vertė išėjime kinta tarp 50–500 mV, priklausomai nuo stygų virpesių dažnio.

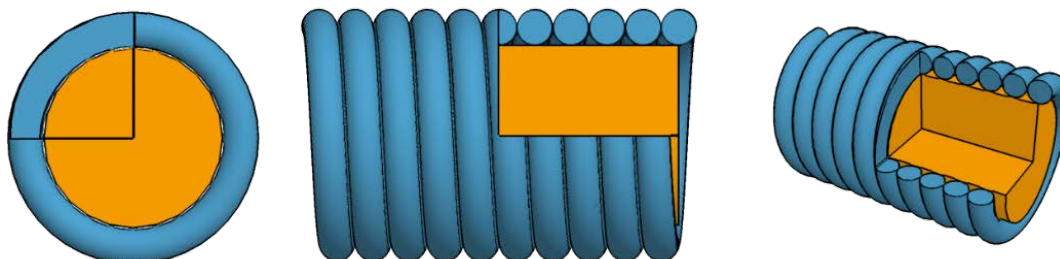
1.3. Stygos, naudojamos gitarose

Styga, tai styginių instrumentų garso šaltinis. Ji gali būti pagaminta iš metalo (nikelio, plieno), natūralių medžiagų (šilko), polimerų (nailono) arba gyvulinių skrandžių.

Virpančioje stygoje susidaro stovinti banga. Kadangi instrumente styga tvirtinama iš abiejų galų, joje susidaro virpesių mazgai. Stygos savųjų virpesių dažnis priklauso nuo jos ilgio (l), medžiagos tankio (q), įtempimo (T), skerspjūvio ploto (S). Stygos virpėjimo dažnis lemia sukeliama garso aukštį. Garso aukštumas priklauso nuo stygos įtempimo. Styginio instrumento garso tipas (savitumas) vadinamas garso tembru. Tembras priklauso nuo to, kaip virpinama styga (pirštais, plektru) ir kurioje vietoje ji virpinama [5].

Stygos parenkamos pagal grojamą muzikos stilių, tembrą. Storesnės stygos virpa žemesniais dažniais, dėl to tokiomis stygomis išgaunamas žemesnis „bosinis“ garsas. Kuo storesnė styga, tuo didesnė jos tempimo jėga. Stygos skerspjūvio skersmenį gamintojai pateikia tūkstantosiomis colio dalimis. Ploniausių gaminamų stygų skersmuo lygus 0,008 colio, o storiausių – 0,056 colio. Bosinėse gitarose storiausia styga siekia 0,145 colio.

Plonesnės metalinės stygos dažniausiai gaminamos iš plieno. Storesnių stygų konstrukcija kitokia (1.6 pav.). Storesnės stygos turi plieninę šerdį, kuri apvyniojama tam tikro metalo rite. Ritės medžiaga turi didelę įtaką skambesiui. Bronzinės, auksinės ir varinės vijos naudojamos apsaugojimui nuo korozijos, nikelinės – siekiant išgauti išsiskiriantį skambesį.



1.6 pav. Gitaros stygos konstrukcija [11]

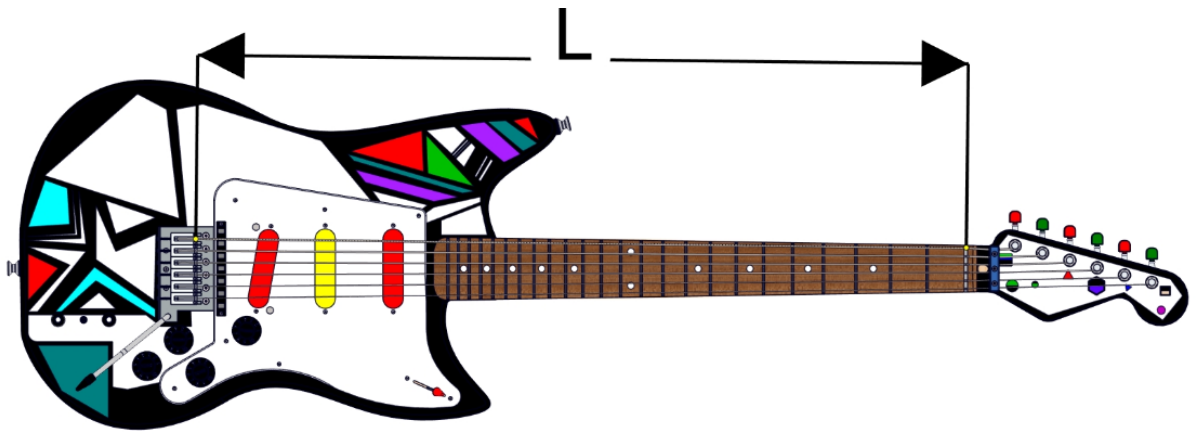
1.4. Stygų stiprumo savybės

Standžiai abiejuose galuose įtvirtintos stygos labai dažnai deformuojamos (tempiamos) derinant gitarą. Gitaros derinamos labai įvairiai. Norint išgauti aukštesnius garsus, stygos tempiamos labiau, žemesnius – stygos atleidžiamos. Didinant tempimo jėgą, auga įtempiai. Susidėvėjusi styga pradeda plastiškai deformuotis, dėl to negalima sugrąžinti stygos pradinio virpėjimo dažnio. Norint tinkamai eksploatuoti stygas, gitarą reikia derinti stygos proporcingumo ribose, kad neatsirastų liekamosios deformacijos. Stygos tempimo jėgą galima susieti su virpėjimo dažniu. Ši jėga apskaičiuojama pagal 1.2 formulę [13].

$$f = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}; \quad (1.2)$$

čia:

f – stygos virpėjimo dažnis, L – stygos ilgis tarp įtvirtinimų (angl. scale length), T – tempimo jėga, μ – stygos masė ilgio vienetu (kg/m)



1.7 pav. Ilgis L (angl. scale length)

1.5. Stygų dažniai

Stygų virpėjimo dažnis nulemia garso aukštį. Žmogus girdi garsus, kurių dažnis nuo 16–20 Hz iki 16–20 kHz. Garsumas priklauso nuo oro, kuriuo sklinda garsas, virpėjimo amplitudės.

Garsų išdėstymo schema instrumente vadinama garso gama. Gama yra oktavos apimties ir kartojama kitomis (aukštesnėmis, žemesnėmis) oktavomis. Kiekviena oktava susideda iš septynių diatoninių garsų: C, D, E, F, G, A, B (do re mi fa so la si do). Aštuntas garsas (C) pradeda naują oktavą. Garso pakeitimas vienu tonu lygus jo dažnio padauginimui arba padalijimui iš $\sqrt{2} \sim 1,41421$ Hz. Tonai dar dalinami į pustonius. Garso kitimas pustoniu lygus garso dažnio padauginimui (padalijimui) iš $\sqrt[12]{2} \sim 1,059463$ Hz [7]. Norint rasti garso dažnį, kuris aukštesnis visa oktava, reikia padauginti garso dažnį iš 2.

1.1 lentelė. Akustinės gitaros stygų standartinis derinimas

Styga	Virpėjimo dažnis
1 (E)	329.63 Hz
2 (B)	246.94 Hz
3 (G)	196.00 Hz
4 (D)	146.83 Hz
5 (A)	110.00 Hz
6 (E)	82.41 Hz

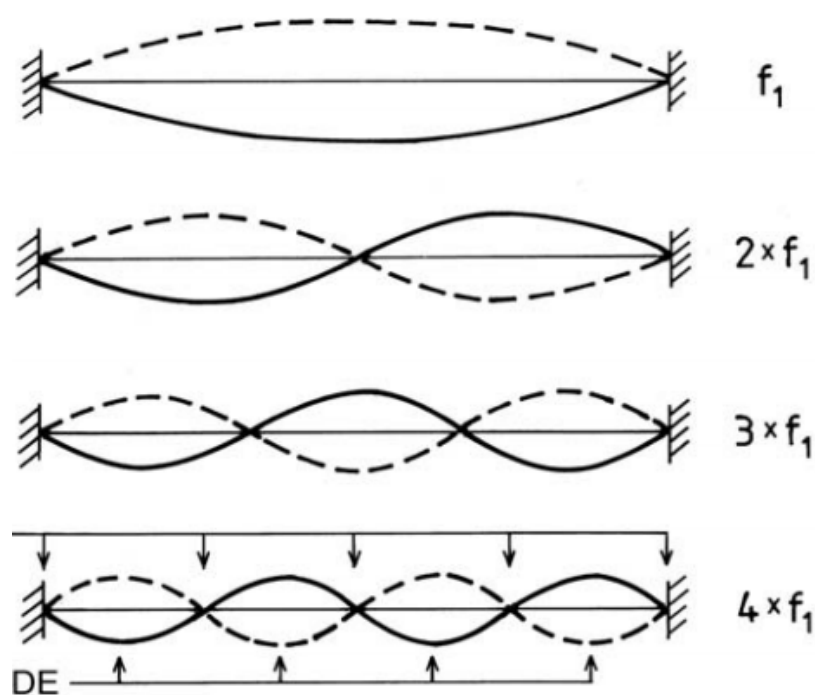
1 lentelėje parodytas standartinis stygų derinimas. Kartais norint išgauti aukštesnius ar žemesnius dažnius, stygos derinamos kitaip, pavyzdžiui, C-G-D-A-E-G.

1.6. Stygų derinimo principas ir būdai

Gitaros derinimas – gitaros akustikos nustatymas taip, kad pagrojus kažkurį iš garsų, jis turėtų tą patį aukštį ir dažnį kaip garsas, su kuriuo jis lyginamas. Tinkamai suderinto instrumento garsai turi tiksliai nustatytus dažnius.

Daugelyje pasaulio šalių instrumentai derinami pagal dvylikatonės lygiosios temperacijos sistemą [7]. Šioje sistemoje oktava skiriama į 12 lygių dalių ir tų dalių dažnio santykis lygus $\sqrt[12]{2} \sim 1,059463 \text{ Hz}$. (žr. 1.5. poskyris). Šis skaičius nusako pustonio intervalo reikšmę. Šio intervalo išvedimas:

- jei a_0 pažymėsime pirmąjį oktavos garsą, o a_{12} – paskutinįjį, gausime $\frac{a_{12}}{a_0} = 2$;
- kadangi garsai sudaro geometrinę progresiją, galima išreikšti oktavos galinių natų sąryšį ir kitaip: $a_{12} = a_0 \cdot k^{12}$, $\frac{a_{12}}{a_0} = k^{12}$;
- sulyginę abi išraiškas gauname $k^{12} = 2$, o iš to apskaičiuojame, kad:
 $k = \sqrt[12]{2} \sim 1,059463 \text{ Hz}$.

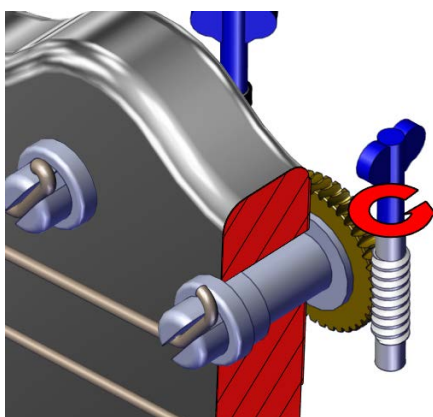


1.8 pav. Gitaros stygų savieji dažniai [14]

1.2 lentelė. Dvylikatonės lygiosios temperacijos intervalai [13]

Pavadinimas	Vertė centais lygiojoje temperacijoje	Dešimtainė vertė
<u>Unisonas</u> (C)	$\sqrt[12]{12^0}$	1.000000
<u>Mažoji sekunda</u> (C#)	$\sqrt[12]{12^1}$	1.059463
<u>Sekunda</u> (D)	$\sqrt[12]{12^2}$	1.122462
<u>Mažoji tercija</u> (D#)	$\sqrt[12]{12^3}$	1.189207
<u>Didžioji tercija</u> (E)	$\sqrt[12]{12^4}$	1.259921
<u>Kvarta</u> (F)	$\sqrt[12]{12^5}$	1.334840
<u>Tritonis</u> (F#)	$\sqrt[12]{12^6}$	1.414214
<u>Kvinta</u> (G)	$\sqrt[12]{12^7}$	1.498307
<u>Mažoji seksta</u> (G#)	$\sqrt[12]{12^8}$	1.587401
<u>Didžioji seksta</u> (A)	$\sqrt[12]{12^9}$	1.681793
<u>Mažoji septima</u> (A#)	$\sqrt[12]{12^{10}}$	1.781797
<u>Didžioji septima</u> (B)	$\sqrt[12]{12^{11}}$	1.887749
<u>Oktava</u> (C)	$\sqrt[12]{12^{12}}$	2.000000

Gitaros stygos derinamos sukant gitaros derinimo mechanizmo galvutę (1.9 pav.).



1.9 pav. Stygos derinimas

Stygų derinimo metodai:

- žmogaus klausos gebėjimu;
- naudojant derinimo prietaisą.

1.7. Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Išanalizavus literatūros šaltinius, pagilintos žinios apie muzikinių instrumentų veikimo principą ir derinimo būdus. Gitaros derinimas glaudžiai susijęs su stygos virpėjimo dažniu. Žinant virpėjimo dažnį, galima jį lyginti su tam tikro garso tikru dažniu. Kadangi dažnis proporcingas stygos tempimo jėgai, tai įmanoma instrumentą derinti matuojant jėgą. Derinimas pagal tempimo jėgą nepatogus ir netikslus, nes stygomis susidėvėjus ir patyrus ciklines apkrovas, tempimo jėga mažėja.

Kitas šio darbo etapas – stygos tempimo jėgos nustatymas. Nustačius tempimo jėgą, galima parinkti tinkamus variklius, kurie suteiktų judesį derinimo mechanizmo kinematinėms poroms. Tai įvykdžius, galima atlikti mechanizmų stipruminius skaičiavimus, pagal variklių dydį pritaikyti prietaisą standartinei elektrinei gitarai montuoti.

2. STYGŲ DAŽNIO MATAVIMAS

2.1. Bendra apžvalga

Literatūros apžvalgoje buvo minėta, kad stygos virpėjimo dažnį galima susieti su stygos ilgiu, mase ir tempimo jėga. Pagal dvylikatonės temperacijos sistemą nustatyti kiekvieno garso dažniai (žr. 2.1 lentelė). Baziniu muzikinių instrumentų derinimo tašku laikomas garsas A3, kurio dažnis 440 Hz. Aišku, visa derinimo bazė pasikeistų, jeigu naudojamas būtų kitas dažnis. Grojantys asmenys įvairiai derina savo instrumentus, naudodami A3=335-443 Hz. Šiame projekte nagrinėjamas standartinis (440 Hz) derinimas.

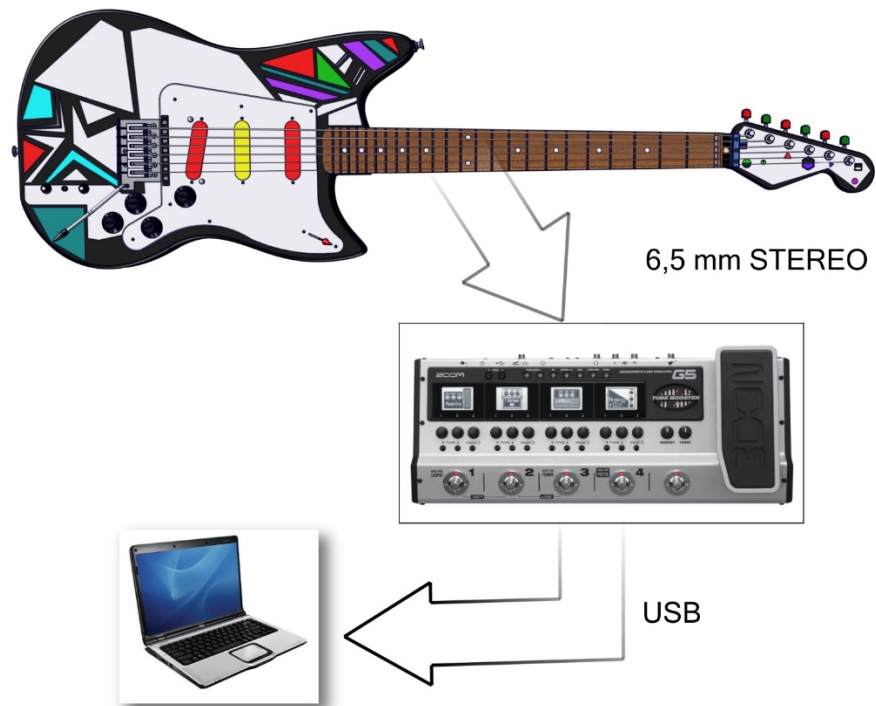
2.1 lentelė. 9 oktavų garsų dažniai

Oktava/Garsas	C	C#	D	Eb	E	F	F#	G	G#	A	Bb	B
0	16.35	17.32	18.35	19.45	20.6	21.83	23.12	24.5	25.96	27.5	29.14	30.87
1	32.7	34.65	36.71	38.89	41.2	43.65	46.25	49	51.91	55	58.27	61.74
2	65.41	69.3	73.42	77.78	82.41	87.31	92.5	98	103.8	110	116.5	123.5
3	130.8	138.6	146.8	155.6	164.8	174.6	185	196	207.7	220	233.1	246.9
4	261.6	277.2	293.7	311.1	329.6	349.2	370	392	415.3	440	466.2	493.9
5	523.3	554.4	587.3	622.3	659.3	698.5	740	784	830.6	880	932.3	987.8
6	1047	1109	1175	1245	1319	1397	1480	1568	1661	1760	1865	1976
7	2093	2217	2349	2489	2637	2794	2960	3136	3322	3520	3729	3951
8	4186	4435	4699	4978	5274	5588	5920	6272	6645	7040	7459	7902

2.2. Stygos dažnio matavimas naudojant dažnio spektro analizės programą „PRAAT“

Šiame etape naudojamos garso analizės įrangos ir kompiuterio galimybės stygos dažniui matuoti. Kadangi stygos dažnis lygus garso dažniui, tai atlikti galima išmatavus analoginio signalo vertę, kuri kompiuteryje apdorojama Furje eilučių pagalba. Naudojama įranga:

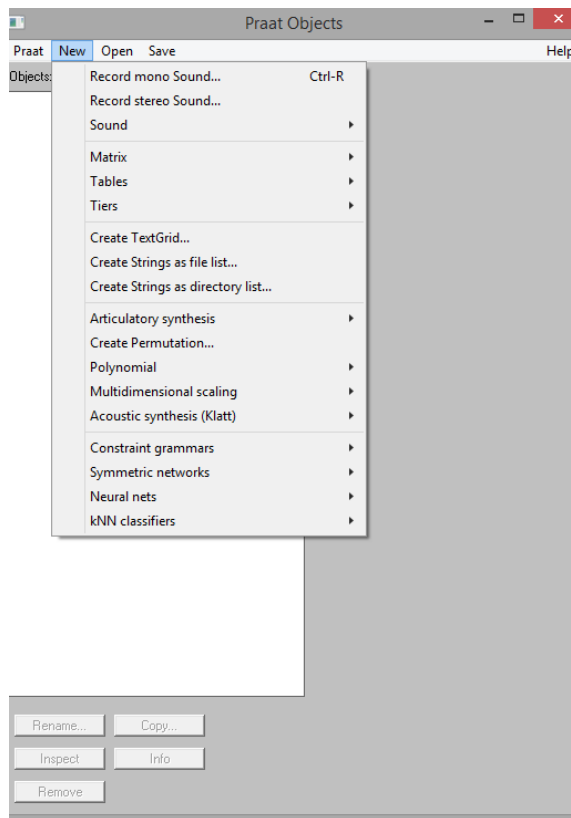
- Elektrinė gitara;
- „ZOOM G5“ gitaros efektų ir garso įrašymo įranga;
- USB kabelis (1 vnt.);
- 6,5 mm „stereo“ kabelis;



2.1 pav. Gitaros jungimo prie kompiuterio schema

Signalas apdorojamas gitarinių efektų procesoriaus „ZOOM G5“ garso plokštėje. Prijungus įrangą prie kompiuterio, ji tampa nauja garso plokšte, kurią kompiuteris gali naudoti kaip garsiakalbį arba garso įrašymo įrangą.

Paleidus programą „PRAAT“, atsidaro du darbiniai langai: „Praat Objects“ ir „Praat Picture“. Pirmame lange įvedami analizuojami objektai. Tai gali būti įrašytas garsas ar elementarus dažnių spektras. Antrame lange atliekama spektro analizė. Norint pradėti analizę, reikia į programą įrašyti analizuojamą objektą. Šiuo atveju įrašomas pirmos stygos savasis dažnis (angl. record mono sound) (2.4 pav.).



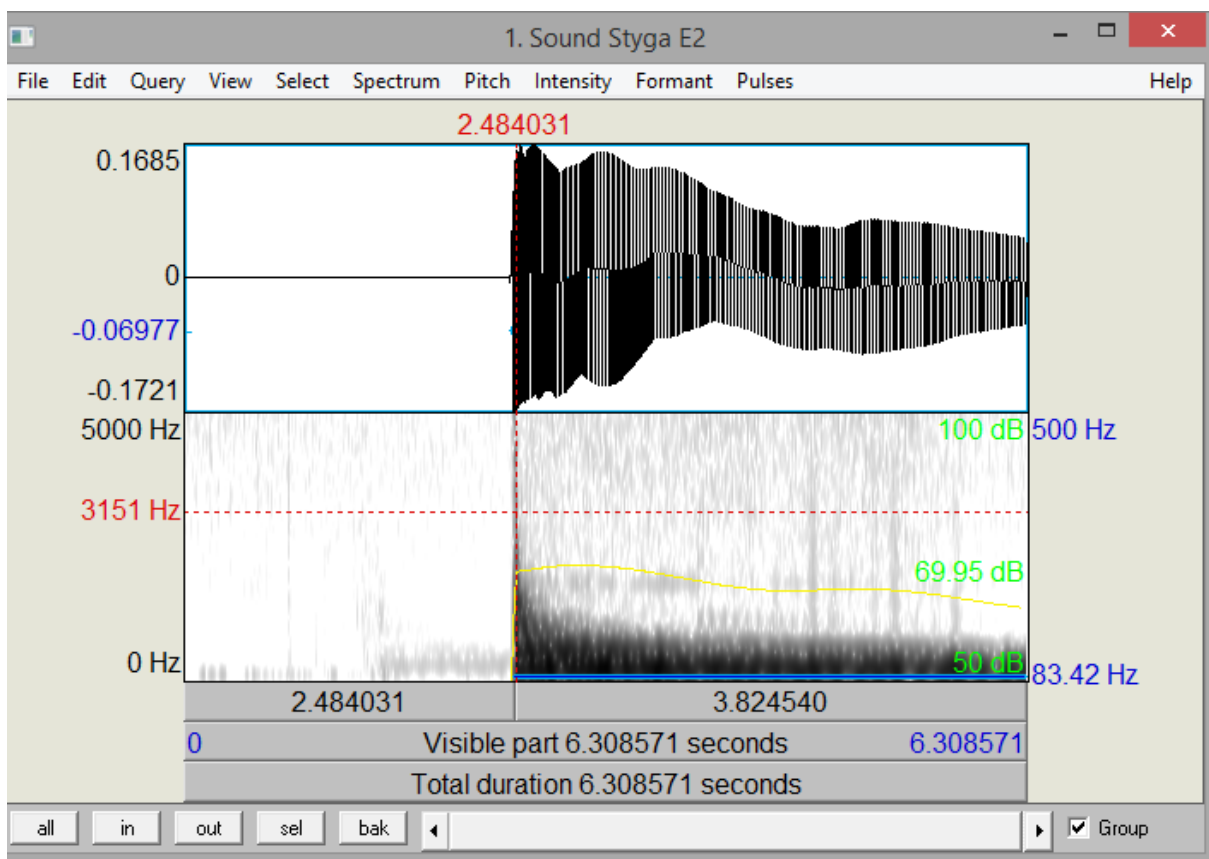
2.2 pav. Objekto tipo pasirinkimo langas

Toliau pasirenkama spektro dažnio vertė ir failo pavadinimas. Spektro dažnis nusako įrašomo garso kokybę. Kuo dažnis didesnis, tuo garso spektro analizė tikslesnė. Naudojamas standartinis 44000 Hz vertės spektro dažnis. Prieš įrašant garsą, naudojant „ZOOM G5“ garso procesorių, tinkamai suderinamos stygos pagal $A3=440\text{ Hz}$ standartinį derinimą. Derinant sužadinama styga ir raudoni indikatoriai rodo – stygą atleisti ar tempti. Žalias indikatorius rodo, kad styga tinkamai suderinta.



2.3 pav. Žalias indikatorius rodo, kad styga suderinta.

2.4 pav. Matoma E2 garso spektrograma. Pažymėjus garso atkarpą nuo 2,48 iki 6,30 s ir nuspaudus komandą „Pitch/Get minimum (maximum) pitch“, galima išskirti maksimalų ir minimalų virpėjimo dažnį.



2.4 pav. Įrašyto garso spektras.

Atitinkamai minimalaus ir maksimalaus dažnio vertės:

- 82,38701140795804 Hz (minimum pitch in SELECTION) – minimali dažnio vertė;
- 83,87744502181363 Hz (maximum pitch in SELECTION) – maksimali dažnio vertė.

Apskaičiuojamas vidurkis:

$$f_{vid} = \frac{f_{min} + f_{max}}{2} = \frac{82,387 + 83,877}{2} = 83,132 \text{ Hz};$$

Teorinis dažnis $E2 = 82,41 \text{ Hz}$.

Priežastys, dėl kurių galimos matavimo paklaidos:

- stygos derinamos priartėjimo būdu;
- styga gali būti neatitinkamai sužadinta.

Pamatuojami taip pat likusių stygų virpėjimo dažniai ir palyginami su teoriniais.

2.2 Lentelė. Teorinių dažnių palyginimas su išmatuotais

Styga	Išmatuotas dažnis, Hz	Teorinis dažnis, Hz	Santykinė paklaida, %
1 (E4)	328,562	329,63	0,324
2 (B3)	246,822	246,94	0,048
3 (G3)	197,112	196	0,567
4 (D3)	145,921	146,83	0,619
5 (A2)	110,253	110	0,23
6 (E2)	83,132	82,41	0,876

2.3. Išvados ir rezultatų apibendrinimas

Išanalizavus gautus eksperimento rezultatus galima teigti, kad prietaiso „ZOOM G5“ derinimo tikslumas didelis, nes visais atvejais paklaida neviršija 1 %. Kompiuterinis gitaros stygų derinimo metodas tikslesnis dėl tiesioginio analoginio signalo vertės apdorojimo naudojant garso plokštę.

3. STYGŲ STIPRUMO ANALIZĖ IR RIBINIO DAŽNIO RADIMAS

Šiame skyriuje atliekama stygų parametrinė stiprumo analizė. Stygos labai plonos ir jų stiprumas ribotas dėl mažo skerspjūvio ploto. Stygų stiprumas didinamas gaminant jas iš stiprių legiruotų nerūdijančių plienų. Stiprumo analizė atliekama naudojant „ANSYS Workbench 16.2“ programinę įrangą.

Pagrindiniai analizės tikslai:

- Sužinoti, kiek maksimaliai galima tempti stygą, kol joje neatsiras plastinės deformacijos;
- Apskaičiuoti stiprumą, siekiant parinkti maksimalią automatinio derinimo mechanizmo variklių galią;
- Išbandyti derinimą virš bazinių (standartinių) dažnių (žr. 2.2 lent.) norintiems alternatyvaus derinimo. Aukštesniems dažniams pasiekti reikalinga didesnė tempimo jėga;
- Rasti stygos trūkimo dažnį, atliekant optimizavimo uždavinį pagal stiprumo ribą tempiant ir dažnio diapazoną.

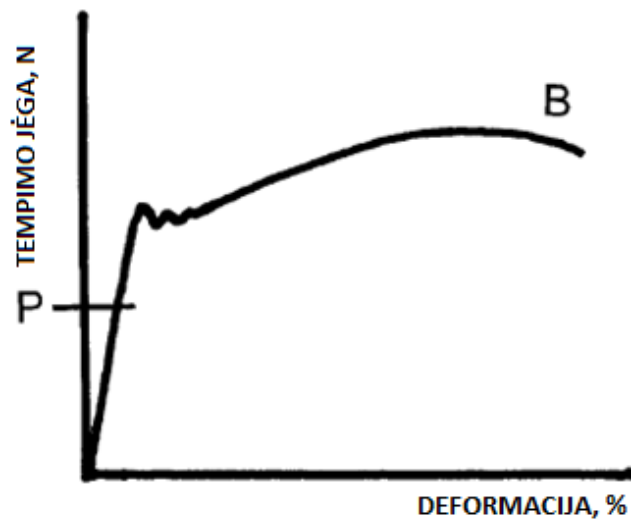
3.1. Stygų medžiagos nustatymas ir charakteristikos

Stygos dažniausiai gaminamos iš plieno arba nailono. Šių medžiagų charakteristikos pateiktos 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Stygų medžiagų charakteristikos [14]

Medžiaga	Tankis, kg/m ³	Jungo modulis, GPa	Stiprumo riba, MPa
Plienas	7700–7900	190–210	420–585
Nailonas	1100–1300	1,1–16	45–90

Stygų mechaninės charakteristikos gaunamos tempimo bandymais. Styga tempiama tol, kol nutrūksta ir, panašiai kaip ir standartiniams bandiniams, gaunama tempimo diagrama (3.1 pav.). 3.1 pav. parodyta proporcingumo riba P, prie kurios styga deformuojasi tamptariai, t. y. jos ilgis po tempimo grįžta į pradinę vertę. Pasiekus tašką B, styga nutrūksta. Plieninės stygos nutrūksta, kai deformacijos pasiekia 40–75%, nailoninės 35–70%. Stygos pagamintos iš plieno gali būti apkrautos 3–4 kartus didesne jėga nei pagamintos iš kitų medžiagų. Stygų gamybai naudojami vieliniai plieno ruošiniai. Plienas turi būti nerūdijantis ir atsparus tempimui. Prie tokių plienų priskiriami AISI standarto plienai: 302, 304, 305 [15]. Toliau bus nagrinėjamos stygos, pagamintos iš AISI 304 plieno.



3.1 pav. Plieninės stygos tempimo diagrama [14]

3.2 lentelė. Plieno AISI 304 cheminė sudėtis %

	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni
Min	-	-	-	-	-	18	8
Max	0,08	2	0,045	0,03	1	20	10,5

3.3 lentelė. Plieno AISI 304 mechaninės charakteristikos

Stiprumo riba tempiant, MPa	Takumo riba, MPa	Santykinis pailgėjimas, %	Santykinis skerspjūvio susiaurėjimas, %	Kietumas, HB
585	240	40	50	150

3.4 lentelė. Plieno AISI 304 fizikinės savybės

Tankis, kg/m³	Jungo modulis, GPa	Specifinė šiluma, J/kgK	Šilumos laidumas, W/mK
7900	193	500	16,2

Likusios charakteristikos pateiktos 1 priede.

Nerūdijantys plienai dažniausiai savo sudėtyje turi 8–10% nikelio [16]. Nikelis padidina plieno stiprumą aukštesnėse temperatūrose. Anksčiau minėtas plienas AISI 304 – tai viena populiariausių

markių nerūdijančių plienų šeimoje. Jis dažniausiai naudojamas detalių, kontaktuojančių su drėgme, gamybai (indai, šakutės, peiliai).

Šiame darbe bus atlikta stygos netiesinė stiprumo analizė. Siekiant ją atlikti, stiprumo kreivę reikia aprašyti keliais taškais, per kuriuos eina kreivė arba dvejomis linijomis, kurios aprašomos Jungo ir tangentiniu moduliais. Kaip žinome Jungo modulis aprašomas medžiagos įtempių ir deformacijų santykiu [17]. Jo ribose ryšys tarp įtempių ir deformacijų tiesinis. Tangentinis modulis nusakytas tų pačių dydžių santykiu, tik ryšys tarp įtempių ir deformacijų netiesinis. Jungo modulis visada plieno gamintojo duotas kaip medžiagos mechaninė (stipruminė) charakteristika, bet tangentinį modulį dažniausiai reikia apskaičiuoti. Vietoje tangentinio modulio kartais naudojama tiksli tempimo kreivė, gauta eksperimentų metu.

Tangentinį modulį lengviausiai apskaičiuoti naudojant Rambergo-Osgoodo lygybę. Tikslų lygybės išvedimą šie mokslininkai publikavo savo darbe 1943 m. [18]. Ši lygybė turi kelis variantus, priklausomai nuo medžiagos stiprėjimo koeficientų. Šiame darbe naudojama formulė su koeficientais, pritaikytai nerūdijantiems plienams pagal EN 1993-1-4 normą. Tokiu atveju tangentinį modulį galima apskaičiuoti pagal 3.1 lygybę [19]:

$$E_Y = \frac{E}{1 + \frac{0,002 \cdot n \cdot E}{f_y}}; \quad (3.1)$$

čia; E – Jungo (tamprumo) modulis;

n – valcavimo kryptis (skersinė, išilginė);

f_y – takumo riba;

Jungo modulis ir takumo riba pateikti 3.3 ir 3.4 lentėse. Koeficientą n galima apskaičiuoti pagal 3.2 lygybę arba paimti iš lentelės [19 – Table 4].

$$n = \frac{\log(0,05)}{\log\left(\frac{R_{p0,02}}{f_y}\right)}; \quad (3.2)$$

čia: $R_{p0,02}$ – sąlyginė takumo riba, MPa .

Pagal 4 lentelę iš [19] šaltinio nagrinėjamam plienui tinka vertė $n = 6$.

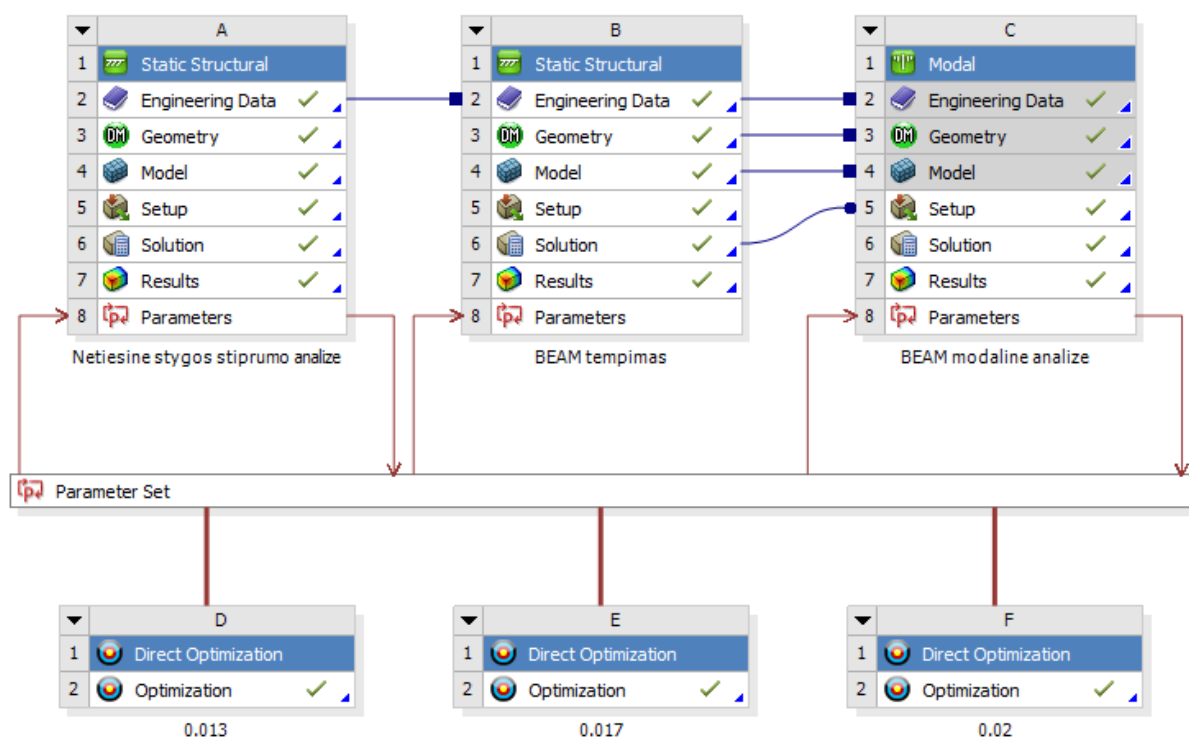
Tada surašomi visi duomenys į (3.1) lygybę:

$$E_Y = \frac{E}{1 + \frac{0,02 \cdot n \cdot E}{f_y}} = \frac{193000}{1 + \frac{0,02 \cdot 6 \cdot 193000}{240}} = 1979 \text{ MPa}$$

Būtina paminėti, kad tangentinis modulis visada mažesnis už Jungo modulį. Šie moduliai gali būti vienodi tik tuo atveju, kai kreivių sąlyčio taškas yra tiesinėje zonoje.

3.2. ANSYS skaičiavimo blokai ir medžiagos nustatymai

Norint parametriškai susieti stygos modalines ir stiprumo savybes, sukuriama skaičiavimo blokai su grįžtamaisiais ryšiais (3.2 pav.).



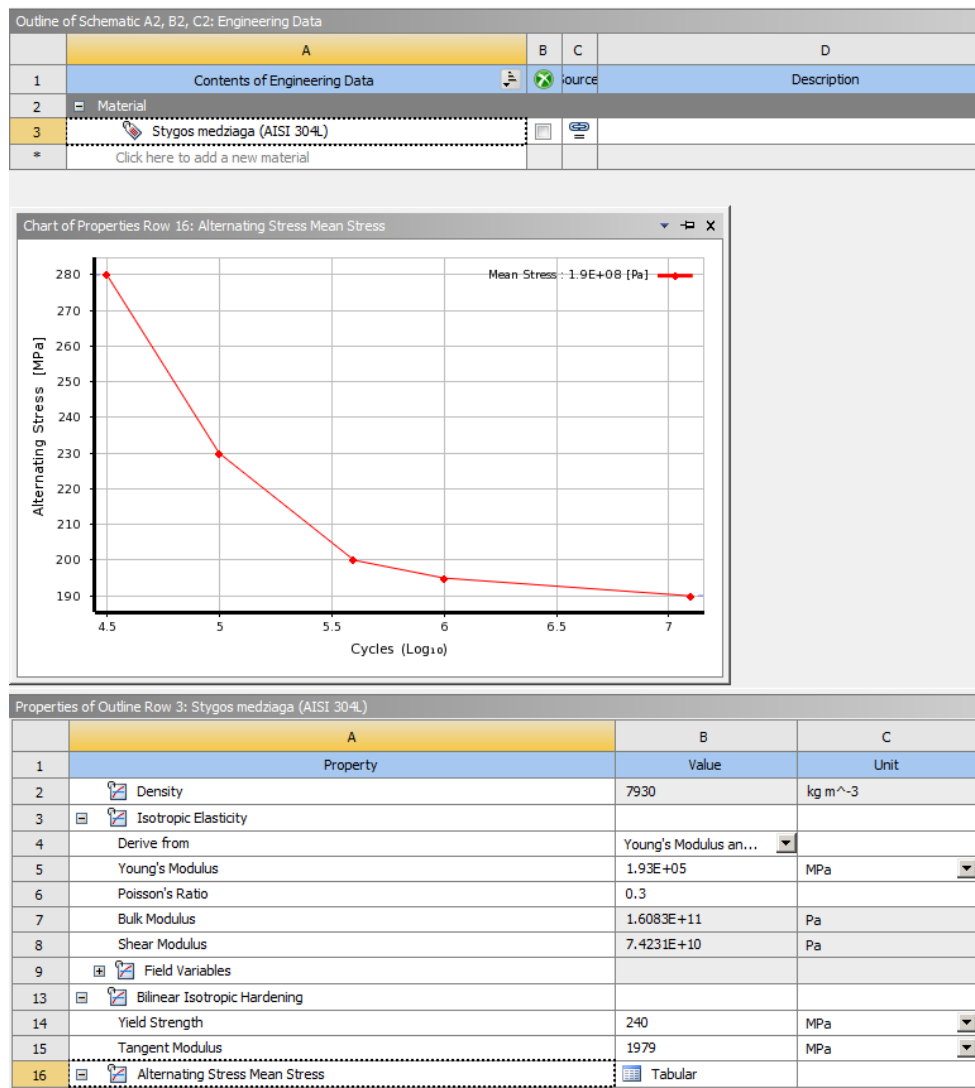
3.2 pav. „ANSYS Workbench“ skaičiavimo blokai

3.2 pav. matomi trys skaičiavimo blokai, susieti parametrais. Visi blokai dalijasi tomis pačiomis medžiagomis (Engineering Data). Svarbu pabrėžti, kad modalinės analizės įėjimo parametrų skiltelė „Setup“ sujungta su „BEAM“ tempimo bloko „Solution“ skiltelė. Kaip buvo minėta anksčiau, stygos virpėjimo savasis dažnis priklauso nuo jos įtempimo, masės ir ilgio. „ANSYS Workbench“ – viena iš nedaugelio programų, leidžiančių atlikti apkrautos detalės modalinę analizę (angl. pre-stress modal analysis).

„Engineering Data“ skiltelėje įvesti visi anksčiau nagrinėto plieno AISI 304 parametrai (žr. 3.3 pav.).

Įvesti medžiagos parametrai:

- Jungo modulis – 193000 MPa ;
- Puasono koef. – $0,3$;
- Takumo riba – 240 MPa ;
- Tangentinis modulis – 1979 MPa .
- Nuovargio kreivė (žr. 1 priedas).



3.3 pav. Stygos medžiagos nustatymas

3.3. Parametrai ir skaičiuojamoji dalis

Visi įvesti parametrai parodyti 3.4 pav. Parametrai: P1, P2, P3 ir P4 – tai stygų ilgiai ir skersmenys. Jie susieti tarpusavyje ir, pakeitus B1 bloko stygos parametrus, automatiškai pasikeičia A1 bloko dalyje. Šiame skyriuje nagrinėjamos trys stygos, kurių skersmenys 0,013; 0,017 ir 0,02 colio (žr. 3.5 pav.).

1	ID	Parameter Name	Value	Unit
2	[-] Input Parameters			
3	[-] [zzz] Netiesine stygos stiprumo analize (A1)			
4	[P] P1	D_SOLID	0.0003302	m
5	[P] P2	L_SOLID	0.6477	m
6	[P] P6	Tempimo jega stiprumo sk.	123.75	N
7	[P] P16	Tankis	7930	kg m ⁻³
8	[-] [zzz] BEAM tempimas (B1)			
9	[P] P3	D_BEAM	0.013	in
10	[P] P4	L_BEAM	25.5	in
11	[P] P5	Tempimo jega modalinei analizei	123.75	N
12	[P] P11	Norimas dažnis	329,63	Hz
*	[P] New input parameter	New name	New expression	
14	[-] Output Parameters			
15	[-] [zzz] Netiesine stygos stiprumo analize (A1)			
16	[P] P13	Mizeso itempiai	382.76	MPa
17	[P] P14	Maziausios plastines deformacijos	0.0093336	mm mm ⁻¹
18	[P] P15	Ilgaamziskumas (ciklais)	6.2639E+06	
19	[-] [zzz] BEAM modaline analize (C1)			
20	[P] P10	Total Deformation Reported Frequency	331.85	Hz

3.4 pav. Parametru įvedimas

Name	1 (e)	2 (B)	3 (G)	4 (D)	5 (A)	6 (E)	7 (B)
Extra Super Light (8–38)	.008	.010	.015	.021	.030	.038	≈≈
Extra Super Light Plus (8.5–39)	.0085	.0105	.015	.022	.032	.039	≈≈
Super Light (9–42,52)	.009	.011	.016	.024	.032	.042	.052
Super Light Plus (9.5–44,54)	.0095	.0115	.016	.024	.034	.044	.054
Super Light w/Light Bass (9–46,56)	.009	.011	.016	.026	.036	.046	.056
Light (10–46,56)	.010	.013	.017	.026	.036	.046	.056
Light Plus (10–48,58)	.010	.013	.017	.028	.038	.048	.058
Medium (11–49,59)	.011	.014	.018	.028	.038	.049	.059
Light Top / Heavy Bottom (10–52,60)	.010	.013	.017	.030	.042	.052	.060
Medium Plus w/Wound G String (11–52,60)	.011	.014	.020	.030	.042	.052	.060
Heavy (12–54,62)	.012	.016	.020	.032	.042	.054	.062
Extra Heavy (13–56,65)	.013	.017	.026	.036	.046	.056	.065

3.5 pav. Stygų skersmenys pagal tipą ir dažnį [20] (light – lengvos, medium – vidutinio sunkumo, heavy – sunkios)

Likusieji parametrai:

- P11 (Norimas dažnis) – įėjimo parametras, kurį keičiant, apskaičiuojamas parametras P5 (jėga);
- P16 (Tankis) – nekintantis parametras, reikalingas parametro P5 skaičiavimui. Tai AISI 304 plieno tankis;
- P13 (Mizeso įtempiai) – įtempiai, reikalingi stygos stiprumo nustatymui;
- P14 (Plastinės def.) – stebint šį parametą žinoma, kokia deformacijų dalis negrįžtama;
- P10 (Bazinis dažnis. Moda) – modalinės analizės rezultatas. Turi maždaug sutapti su parametru P11;
- P5 (Tempimo jėga) – jėga apskaičiuojama pagal 3.3 formulę [21]

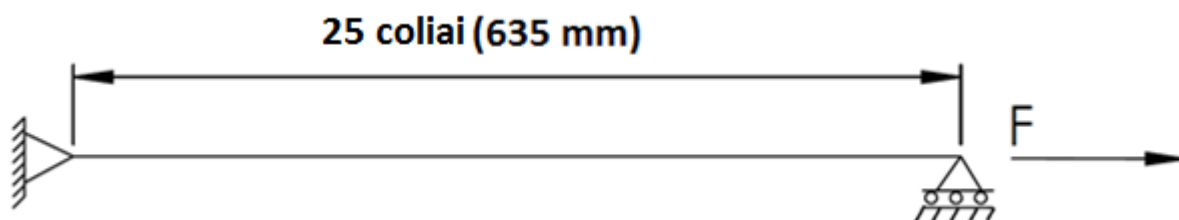
$$F = \mu(2fL)^2 = \rho \frac{\pi d^2}{4} \cdot (2fL)^2 ; \quad (3.3)$$

čia: ρ – medžiagos tankis, d – stygos diametras; L – atstumas tarp įtvirtinimų

Svarbus stiprumo skaičiavimo aspektas – baigtinių elementų tinklelio kūrimas. Paprastai apvalaus skerspjuvio detalė dalijama į lygias sijos elementų dalis. Naudojant „SOLID“ elementą, cilindrinei detalei parenkamas „SWEEP“ tinklelio kūrimo metodas (3.6 pav.).

[-] Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
[-] Definition	
Suppressed	No
Method	Sweep
Element Midside Nodes	Use Global Setting
Src/Trg Selection	Automatic
Source	Program Controlled
Target	Program Controlled
Free Face Mesh Type	All Tri
Type	Element Size
<input type="checkbox"/> Sweep Element Size	3.5 mm
Sweep Bias Type	No Bias
Element Option	Solid

3.7 pav. Stygos modeliuotos „SOLID“ elementais BE tinklelio parametrai



3.8 pav. Stygos įtvirtinimo ir apkrovimo schema

Styga įtvirtinta tarp dviejų atramų. Vienas galas įtvirtintas standžiai, antras gali slinkti tik išilgai bazinės ašies. Slankiojančiame gale uždedama jėga F (parametrai P5 ir P6 žr. 3.4 pav.).

Optimizavimo parametrai:

Method Name	Adaptive Single-Objective
Number of Initial Samples	3
Maximum Number of Evaluations	40
Convergence Tolerance	1E-06
Maximum Number of Candidates	1

✓ Optimization		
Objectives and Constraints		
Seek P13 = 585 MPa		
Domain		
BEAM tempimas (B1)		
P3 - D_BEAM	<input type="checkbox"/>	
P4 - L_BEAM	<input type="checkbox"/>	
Netiesinė stygos stiprumo analize (A1)		
P16 - Tankis	<input type="checkbox"/>	
P11 - Norimas dažnis	<input checked="" type="checkbox"/>	

3.9 pav. Optimizavimo parametrai ir tikslas

Norint rasti stygos trūkimo dažnį, susikuriamas optimizavimo blokas, kurio parametrai pateikti 3.9 pav. Naudojamas „Adaptive Single-Objective“ metodas, nes uždavinio tikslas apsiriboja tik stiprumo ribos įtempio pasiekimu. Šis metodas veikia gradiento principu, nustatoma priklausomybė tarp parametų verčių ir optimizavimo rezultatų. Pagal nustatytus kriterijus programa gali išrinkti vieną ar daugiau rezultatų, kurie tenkina užbrėžtas ribas arba yra arti norimo tikslo pasiekimo. Dažnio diapazonas (žr. 3.5 pav. parametras P11) nustatomas viena oktava aukštesnis nei bazinis dažnis:

- 0,013 colio skersmens styga 329,62 Hz – 659,24 Hz;
- 0,017 colio skersmens styga 246,94 Hz – 493,88 Hz;
- 0,020 colio skersmens styga 196 Hz – 392 Hz.

3.4. Analizės rezultatai

Pirmiausia atliekami kiekvienos stygos bazinio derinimo stiprumo skaičiavimai, prieš tai susikūrus kelis parametrų variantus „Design point“. Analizė atliekama dviem stygų tipams: „Extra Super Light“ (labai lengvos) ir „Extra Heavy“ (labai sunkios).

3.5 lentelė. Storiausių ir ploniausių stygų analizė

Nr.	Stygos D, mm	Stygos D, in	L, in	Tempimo jėga, N	Teorinis dažnis, Hz	ANSYS dažnis, Hz	Mizeso įtempiai, MPa	Plastinės deformacijos
DP 0	0.3302	0.013	25.5	123.754	329.63	331.847	382.756	0.009
DP 1	0.4318	0.017	25.5	118.768	246.94	250.053	210.210	0
DP 2	0.508	0.02	25.5	103.560	196	199.96	132.647	0
DP 3	0.2032	0.008	25.5	46.865	329.63	330.955	382.756	0.009
DP 4	0.254	0.01	25.5	41.096	246.94	248.652	210.210	0
DP 5	0.381	0.015	25.5	58.252	196	198.800	132.647	0

Optimizavimo rezultatai:

- 0,013 colio skersmens stygos nutrūkimo dažnis 402,793 Hz;
- 0,017 colio skersmens stygos nutrūkimo dažnis 403,506 Hz;
- 0,02 colio skersmens styga pasiekė vienos oktavos ribą prie 558 MPa - dažnis 392 Hz.

3.5. Aukštesnio derinimo stiprumo patikrinimas

Šiame poskyryje bus atliktas stiprumo skaičiavimas šešioms stygoms analogiškai kaip anksčiau. Šiuo atveju papildomai atliktas vienu tonu aukštesnio garso stygos tempimo įtempių ir plastinių deformacijų skaičiavimas. Papildomas skaičiavimas atliekamas, siekiant patikrinti alternatyviojo (aukštesnio) derinimo stiprumą. Šiuo atveju stygos derinamos vienu tonu aukščiau (žr. 2.1 lentelė):

- E4 (329,63) – F4 (349,23);
- B3 (246,94) – C3 (261,63);
- G3 (196) – A3 (220);

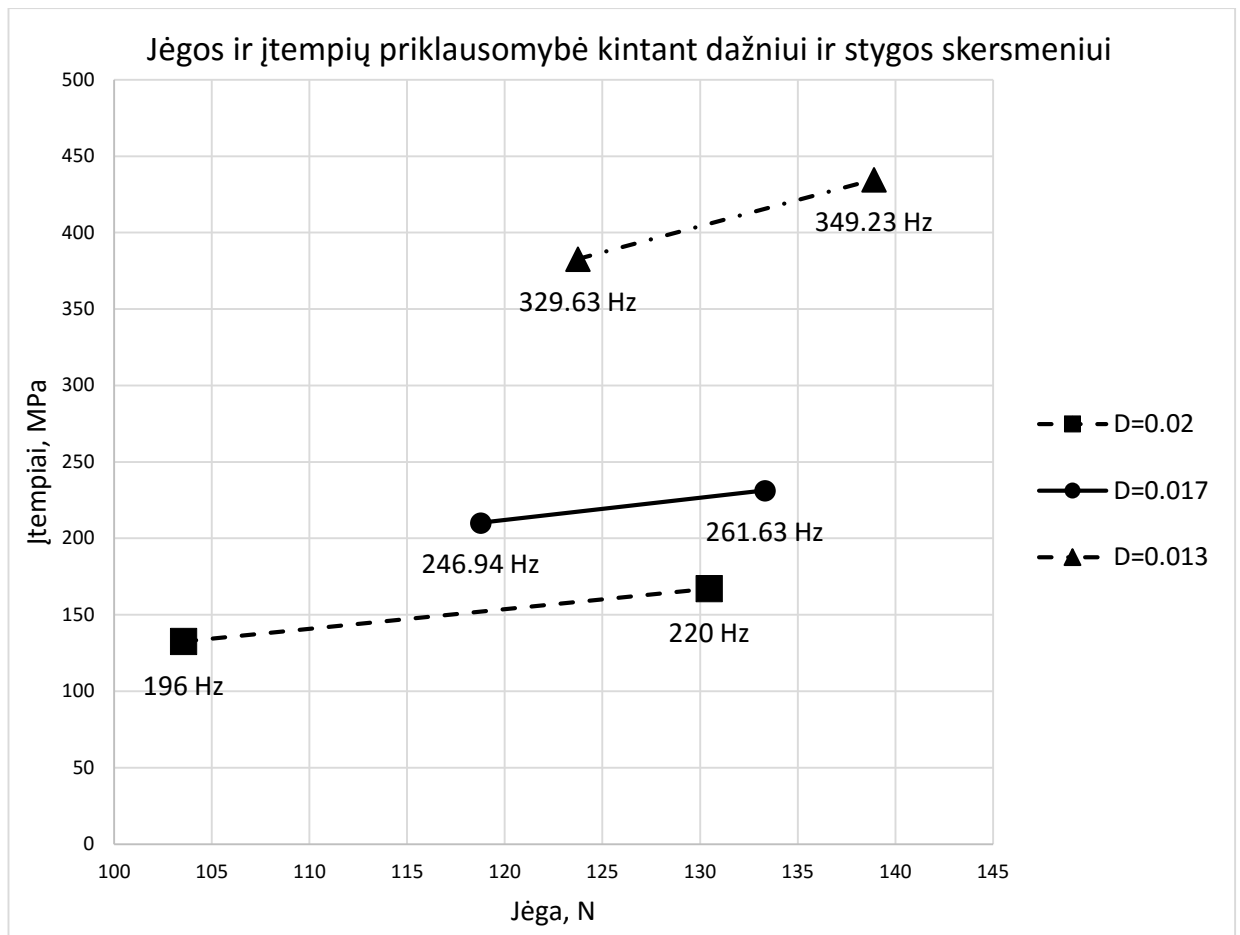
Analogiškai kaip optimizavimo uždavinyje sukuriami keli skaičiavimo variantai (Design Points) pagal dažnių ir skersmenų skirtingas vertes. Skaičiavimo rezultatai pateikti 3.6 lentelėje.

3.6 lentelė. Stiprumo skaičiavimo duomenys ir rezultatai

Nr.	Stygos D, mm	Stygos D, in	L, in	Tempimo jėga, N	Teorinis dažnis, Hz	Mizeso įtempiai, MPa	Plastinės deformacijos
DP 0	0.3302	0.013	25.5	123.754	329.63	382.756	0.009
DP 1	0.4318	0.017	25.5	118.768	246.94	210.210	0
DP 2	0.508	0.02	25.5	103.560	196	132.647	0
DP 3	0.2032	0.008	25.5	46.865	329.63	382.756	0.009
DP 4	0.254	0.01	25.5	41.096	246.94	210.210	0
DP 5	0.381	0.015	25.5	58.252	196	132.647	0
DP 6	0.3302	0.013	25.5	138.908	349.23	434.681	0.013
DP 7	0.4318	0.017	25.5	133.319	261.63	231.370	0
DP 8	0.508	0.02	25.5	130.474	220	167.121	0
DP 9	0.2032	0.008	25.5	52.604	349.23	434.572	0.013
DP 10	0.254	0.01	25.5	46.131	261.63	230.988	0
DP 11	0.381	0.015	25.5	73.392	220	166.749	0

Iš 3.6 lentelėje pateiktų rezultatų matyti, kad plastinė zona atsiranda tik ploniausiose stygose. Iš praktinės pusės pastebėta, jog nuovargio kakliukas pirmiausiai atsiranda priešpaskutinėje ir paskutinėje stygose (ploniausiose). Taigi teoriniai skaičiavimai atitinka praktinius pastebėjimus.

3.10 pav. pateiktas stygų tempimo jėgos ir įtempių priklausomybės grafikas, kuriame matyti, kad didžiausias jėgos skirtumas norint pasiekti vienu tonu aukštesnį dažnį yra storiausios stygos atveju (0,02 colio), mažiausias – vidutinio storio (0,017 colio).



3.10 pav. Stygų tempimo jėgos ir įtempių priklausomybės grafikas

3.6. Išvados ir rezultatų apibendrinimas

Šiame skyriuje atliktas akustinės-elektrinės gitaros dviejų tipų stygų stiprumo skaičiavimas. Analizė atlikta stygomis, skleidžiančioms aukštus tonus (E4, B3, G3). Žemiems tonams skleisti naudojamos stygos, susidedančios iš plonos plieninės gijos (šerdies), apvyniotos plona kitokio metalo viela. Stygos, susidedančios iš šerdies ir apvijos yra plastiškesnės ir stipresnės. Joms nuderinti reikalinga šiek tiek didesnė tempimo jėga nei paprastose stygose. Jeigu tokia styga būtų be apvijos, žemiems dažniams pasiekti ji turėtų turėti didelį skerspįvį (masę). Tokios stygos akustinės savybės būtų labai silpnos, dėl didelės masės jų standumas būtų labai didelis, o grojimas jomis pasirodytų labai nepatogus.

Atlikus tyrimą pastebėta, kad mažėjant stygos masei, jai nuderinti reikalinga mažesnė tempimo jėga. Kuo plonesnės stygos, tuo gitaros korpusą veiks mažesni įtempiai ir derinimo prietaiso sliekinės perdavos momentas bus mažesnis.

Aukščiausio dažnio stygos (mažiausio skersmens) viršija takumo ribą jau prie bazinio derinimo dažnio. Plastinės deformacijos sąlyginai nedidelės ir neviršija 1,5 %. Kadangi stygos keičiamos gana dažnai (kasdien grojant – kas mėnesį), tai ilgaamžiškumo skaičiavimai nereikalingi.

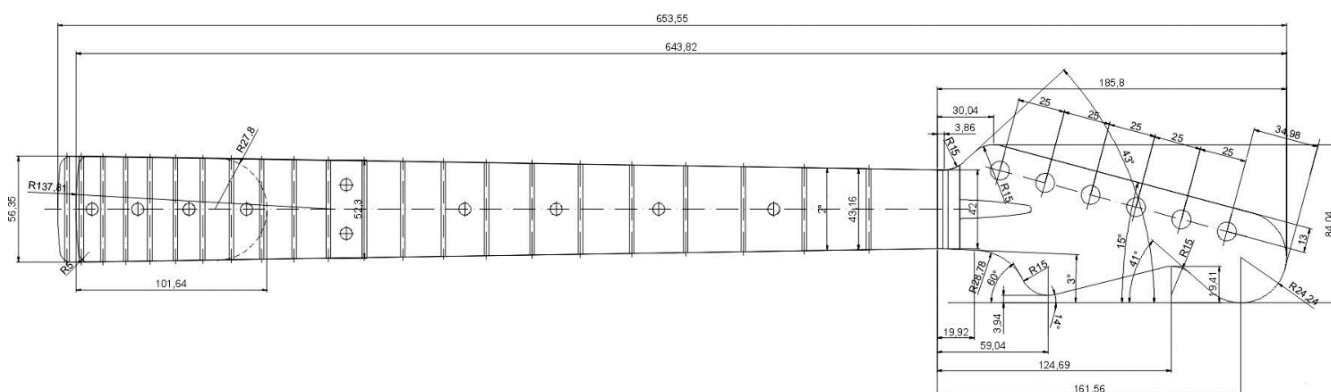
Dvigubai aukštesnį (vienos oktavos) dažnį pasiekia tik styga, suderinta prie 196 Hz dažnio (G3). Ši styga gali virpėti visa oktava aukštesniu garsu ir pagal teorinius skaičiavimus ji nenutruks.

4. DERINIMO MECHANIZMO PROJEKTAVIMAS

Gitarų konstrukcijos įvairios. Skiriasi jų forma, stygų suktukų dydis ir atstumas tarp jų. Populiariausia yra „Fender Stratocaster“ tipo elektrinė gitara. Daug mažesnių gamintojų naudoja jų šablonus kuriant savo gitaras, dėl to daug sutaupoma naudojant standartines, lengvai prieinamas detales.

4.1. Bendra konstravimo apžvalga

Automatinis derinimo prietaisas bus projektuojamas „Fender Stratocaster“ elektrinės gitaros tipui. Svarbiausi matmenys, pagal kuriuos projektuojamas prietaisas – tai gitaros korpuso skylių skersmenys derinimo mechanizmui montuoti, pačių skylių išdėstymas ir atstumas tarp jų. Korpuso brėžinys pateiktas 4.1 pav., o tikslesnis šios elektrinės gitaros darbo brėžinys – ketvirtame priede.



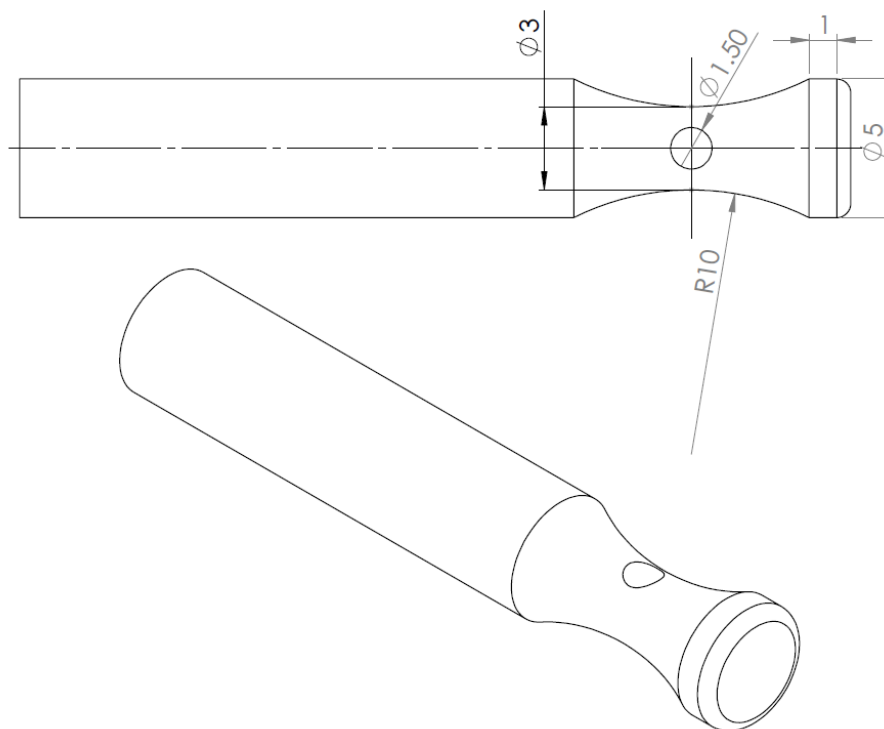
4.1 pav. Gitaros korpuso svarbiausi matmenys [23]

Stygų suktuko skylės skersmuo 8 mm. Kartais naudojami derinimo prietaisai su didesniu 10 mm velenu. Jeigu nuperkama netinkama detalė, paprastai skylė padidinama iki 10 mm. Derinimo prietaisas projektuojamas taip, kad tiktų tiek 8 mm, tiek 10 mm montavimo skylėms.

Turbūt pats svarbiausias projektavimo aspektas – tai variklio ir perdavos parinkimas. Variklis parenkamas pagal didžiausią sukimo momentą ir darbinę įtampą, kad galima būtų parinkti tinkamą maitinimo šaltinį. Kadangi styga grojimo metu turi būti įtempta, tai naudojama sliekinė perdava. Tokiu atveju po stygos nuderinimo variklis bus nukraunamas ir tempimo jėga veiks perdavą o ne patį variklį.

4.2. Veleno stiprumo it variklio galingumo skaičiavimas

Variklis parenkamas pagal momentą. Jo apsukos turi būti kuo mažesnės, kad galima būtų išvystyti kuo didesnę sukimo momentą. Sukimo momentui apskaičiuoti reikalinga maksimali tempimo jėga ir velenėlio skersmuo, ant kurio užvyniojama styga. Velenėlio konstrukcija parodyta 4.2 pav.



4.2 pav. Velenėlio konstrukcija

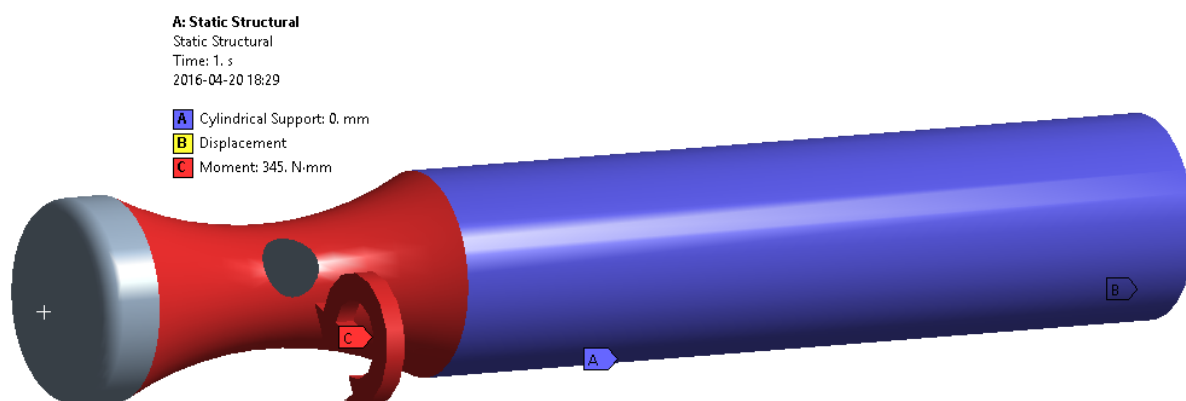
Aukščiau parodyto veleno konstrukcija standartinė, jis naudojamas daugelyje gitarų. Svarbiausias matmuo paryškintas. Ant lanko formos kakliuko užvyniojama styga. Skylė $\varnothing 2\text{mm}$ skirta stygos fiksavimui. Žinant kakliuko skersmenį, galima apskaičiuoti reikalingą sukimo momentą. Kadangi ankstesniame skyriuje atlikta tik trijų stygų analizė, o ritėmis apvyniotų stygų tempimo jėga skiriasi, tai pasitelkiama stygų gamintojų šaltiniuose pateiktomis tempimo jėgomis visiems stygų tipams. Išsamesnė informacija pateikta prieduose.

Stygos gaminamos iš įvairių medžiagų, dėl to tempimo jėga gali žymiai skirtis. Sunkios ir didelės tempimo jėgos reikalaujančios stygos paprastai sunkiai prieinamos ir variklio galingumas bus skaičiuojamas pagal 0,052 storio nikelio apvijos stygą, kurios tempimo jėga 230 N (gamintojo pateikta - 51,7 svarų).

Žinomas kakliuko skersmuo ir tempimo jėga. Apskaičiuojamas pasipriešinimo momentas (4.1 formulė):

$$M_S = F \cdot \frac{d}{2} = 230 \cdot \frac{3}{2} = 345 \text{ Nmm} \quad (4.1)$$

Kadangi velenėlyje yra įtempių koncentratorius (fiksavimo skylė skersmens susiaurėjimo vietoje), tai atliekamas patikrinamasis skaičiavimas „ANSYS Workbench“ programa. Velenas įtvirtintas gitaros korpuse ir derinimo prietaise (turi dvi atramas). Stygos tvirtinimo gale veikia momentas M_S . Velenas pagamintas iš nerūdijančio plieno. Modelio kraštinės sąlygos parodytos 4.3 pav.

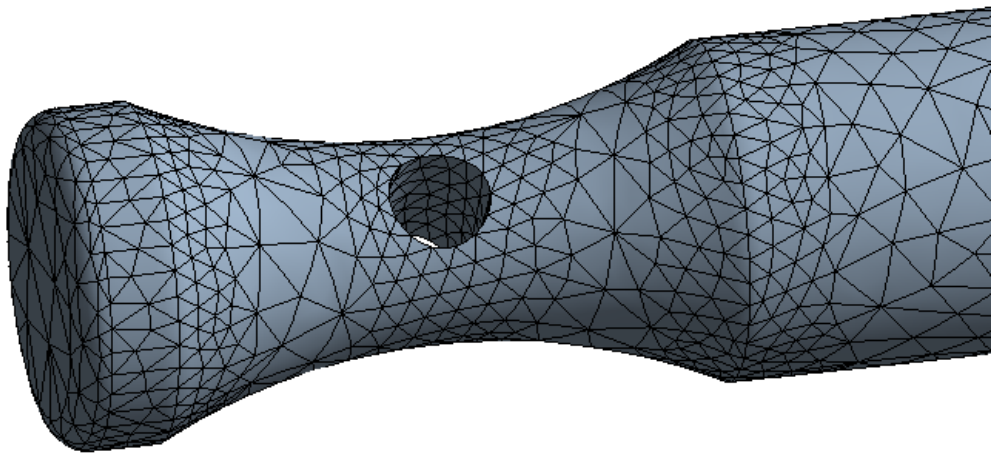


4.3 pav. Įtvirtinimai ir apkrova (A – cilindrinė atrama, B – ribotas poslinkis X ašimi ir posūkiai, C – momentas)

Toliau sukuriamas baigtinių elementų tinklelis (BE). Tinklelis kuriamas automatinio metodu, sutankinamas ties skylė ir skersmens pasikeitimo vietose.

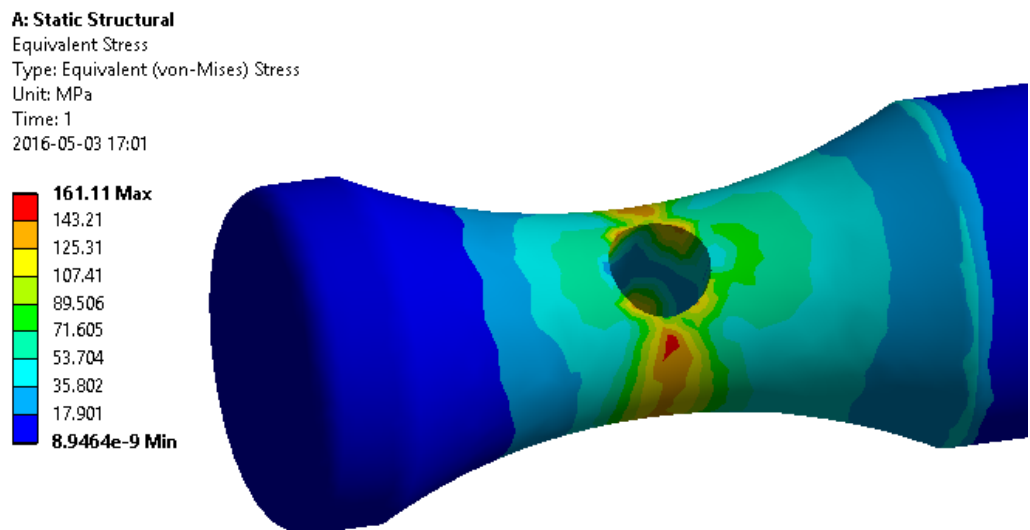
Tinklelis sukurtas automatinio metodu naudojant „tetraedro“ baigtinius elementus. Svarbiausi tinklelio parametrai:

- Mazgų skaičius – 15585;
- Elementų skaičius – 9381;
- Tinklelio tankumas – vidutinis;
- Tinklelio tankinimas – tankinamos dvi kraštinės kakliuko susiaurėjimo zonoje ir skylės vidinis paviršius.



4.4 pav. BE tinklelis

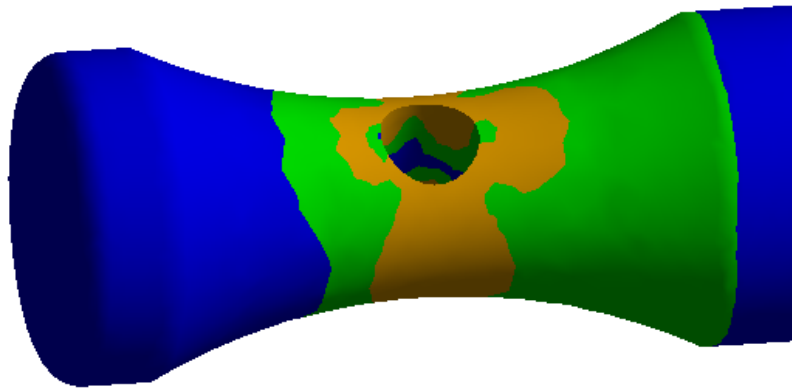
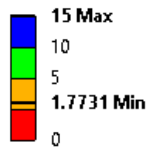
Taip įtvirtintame velene veiks šlyties įtempiai skersmens susiaurėjimo vietoje, nes styga bus visą laiką įtempta. Analizės rezultatai pateikti 4.5 ir 4.6 paveiksluose.



4.5 pav. Mizeso įtempių grafikas

Grafike matyti, kad įtempiai sąlyginai nedideli – 161 MPa. Jie neviršija leistinos ribos.

A: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
2016-05-03 17:06

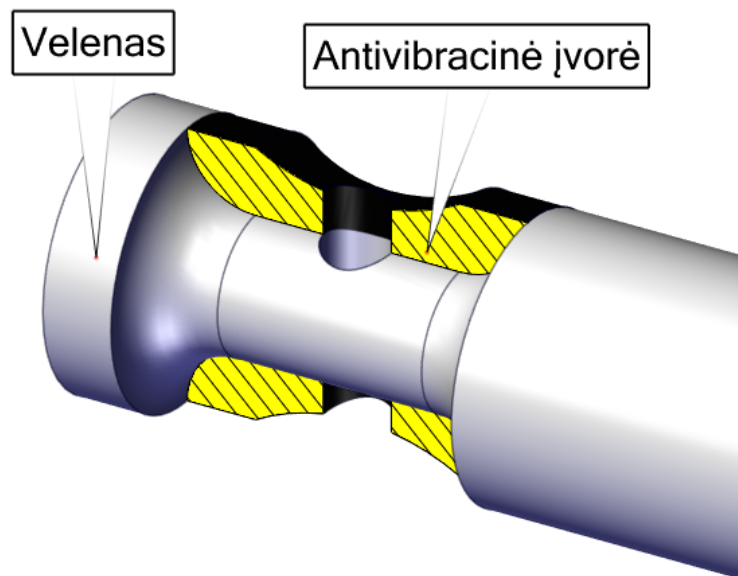


4.6 pav. Atsargos koeficiento grafikas

Atsargos koeficiento grafikas pristatytas 4.6 pav. Minimali koeficiento vertė – 1,77. Tai reiškia, kad velenas galės atlaikyti tiek kartų didesnius įtempius.

4.3. Veleno antivibracinių savybių gerinimas

4.2 poskyryje parodytas velenas pagamintas iš nerūdijančio plieno. Toks plienas labai stiprus, o didžiausias jo pranašumas – atsparumas korozijai. Šiuo atveju plieninė detalė gali perduoti stygos virpesius korpusui ir, siekiant to išvengti, pakeičiama veleno konstrukcija tokia, kokia parodyta 4.7 pav.



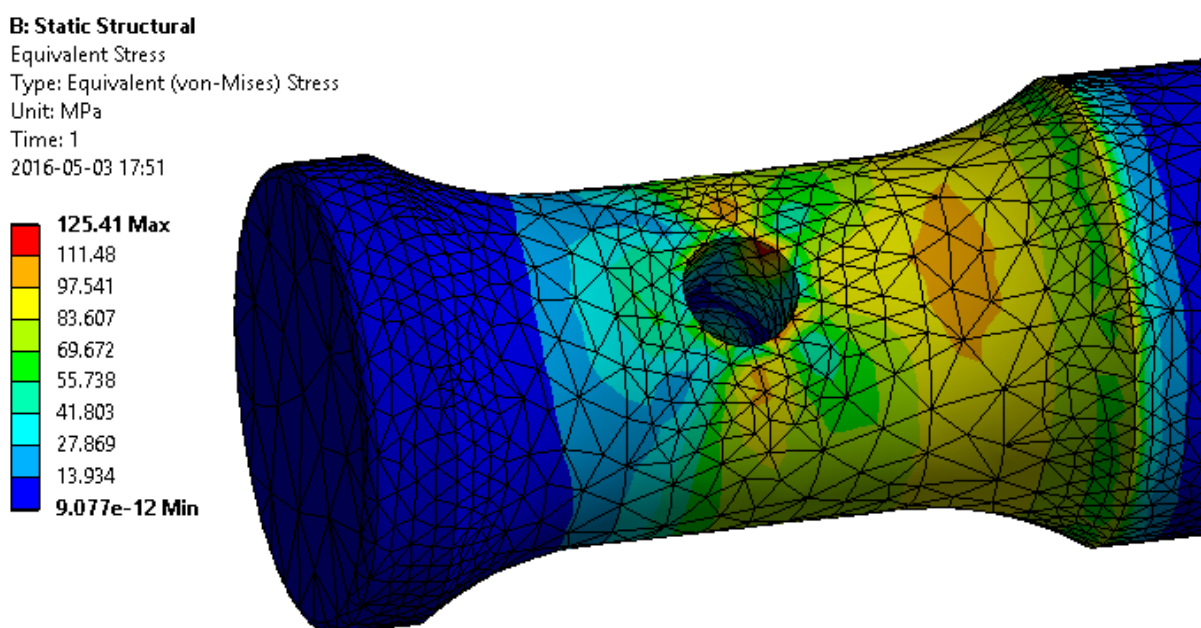
4.7 pav. Nauja veleno konstrukcija

4.5 pav. parodytas velenas su užmauta kieta plastmasine įvore, kurios tikslas – malšinti virpesius ir neperduoti jų į sliekinę perdavą. Įvorė turi būti pritvirtinta prie veleno (klijuojama), kad užmauta styga neprasisuktų kartu su ja.

Toks velenas teoriškai silpnesnis nei parodytas 4.2 pav., todėl atliekamas papildomas stiprumo skaičiavimas. Veleno diametras padidinamas, skersmens pasikeitimo zonose dedamas didelis užapvalinimo spindulys, kad toks velenas būtų stipresnis. Rezultatai parodyti 4.8 pav. Baigtinių elementų tinklelis matomas rezultatuose.

Kraštinės sąlygos tokios pačios kaip ir ankstesniame veleno skaičiavime (žr. 4.2 poskyris), tik momentas uždedamas ant įvorės, kuri laikoma nedeformuojamu (standžiu) kūnu. Kontaktas tarp kūnų standus (bonded). Tinklelio mazgų ir elementų skaičius parodytas 4.8 pav. lentelėje „Statistics“. Pirmas stulpelis rodo įvorės, antras – paties veleno mazgų ir elementų skaičių.

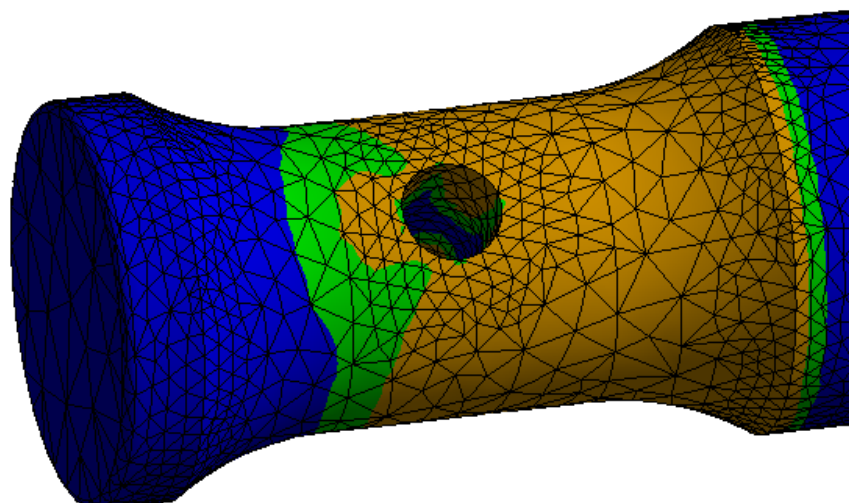
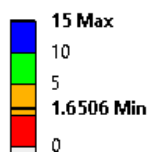
Statistics		
Nodes	4812	49122
Elements	2256	29737



4.8 pav. Antivibracinės įvorės ir paties veleno baigtinių elementų skaičius bei Mizeso įtempių grafikas (matomas BE tinklelis – pats velenas)

Maksimalūs Mizeso įtempiai sumažėjo nuo 161 MPa iki 125 MPa. Abi šios vertės neviršija nerūdijančio plieno takumo ribos, kuri lygi (priklausomai nuo plieno markės) 220–260 MPa. Prailginta veleno susiaurėjimo zona ir padidintas siaurojo kakliuko diametras sumažino tikimybę įtempių koncentracijai. Atsargos koeficiento grafikas parodytas 4.9 pav.

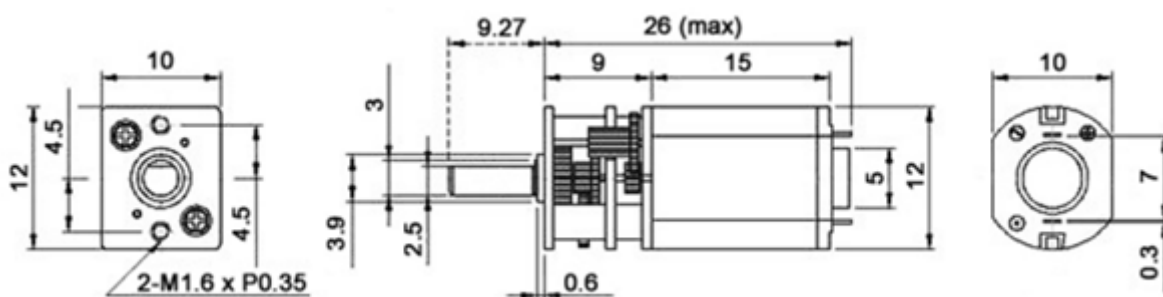
B: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor
Time: 1
2016-05-03 17:54



4.9 pav. Atsargos koeficiento grafikas

4.4. Variklio parinkimas

Variklio parinkimas – tai labai svarbi šio darbo dalis. Gitaros derinimo prietaisai labai nedideli, atstumas tarp jų labai ribotas, todėl sunku parinkti tinkamą variklį. Norint, kad maitinimo šaltinis būtų prietaiso korpuso viduje (akumulatorius), geriausiai rinktis 12–24 V servo arba žingsninius variklius. Galutinai parinktas servo motoreduktorius „SERVOCITY MICRO GEARMOTOR“. Variklio matmenys pateikti 4.10 pav.



4.10 pav. Variklio matmenys milimetrais [25]

Šie varikliai gaminami su įvairiais perdavimo santykiais. Jų greitis gali būti reguliuojamas įtampos diapazone 6–12 V. Galimi šie variantai:

- 45 aps/min (6V) – 90 aps/min (12 V);
- 55 aps/min (6V) – 110 aps/min (12 V);
- 65 aps/min (6V) – 130 aps/min (12 V);

- 90 aps/min (6V) – 175 aps/min (12 V);
- 140 aps/min (6V) – 270 aps/min (12 V);
- 240 aps/min (6V) – 460 aps/min (12 V);
- 450 aps/min (6V) – 900 aps/min (12 V);
- 1300 aps/min (6V) – 2600 aps/min (12 V);
- 2500 aps/min (6V) – 4900 aps/min (12 V).

Sliekinės perdavos perdavimo santykis 1:20. Galiausiai parenkamas variklis, kurio maksimalios apsukos 460 aps/min. Tada $460/20 = 23 \text{ aps/min}$. Variklio galia 22 W, maksimalus sukimo momentas 0,141 Nm. Likusieji variklio parametrai pateikti prieduose.

4.5. Sliekinės perdavos parametrai ir variklio galingumo skaičiavimas „SolidWorks Motion“ programa

Naudojant „SolidWorks“ judesių analizės ir skaičiavimo priedą „Motion Analysis“, galima lengvai apskaičiuoti variklio jėgą, reikalingą analizuojamo mechanizmo judesio suteikimui. Šioje programoje galima įvertinti trinties sąlygas bei medžiagos kietumą.

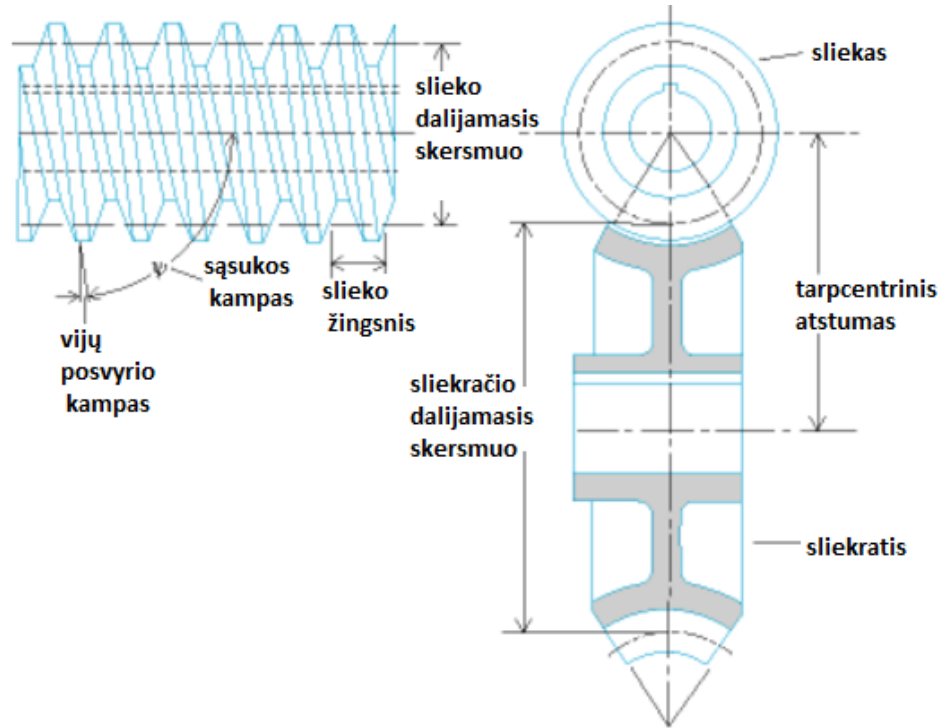
Gitaros derinimo mechanizme naudojama sliekinė perdava. Ji projektuojama „SolidWorks“ priedo „GearTeq“ pagalba. Sliekinės perdavos parametrai parodyti 4.11 pav.

Sliekinės perdavos naudojamos mechanizmuose, kur reikia žymiai sumažinti veleno sukimosi greitį ir padidinti sukimo momentą. Perdavos darbo metu sliekratyje ilgesnį laiką veikia kontaktiniai įtempiai, dėl to jis gaminamas iš stipresnės medžiagos nei sliekas [26]. Kai perdava perduoda mažesnę nei $T = 50 \text{ Nm}$ momentą, slieką rekomenduojama gaminti iš E295, E355, C45, 35, 45 plienų, kurie termiškai neapdorojami [27].

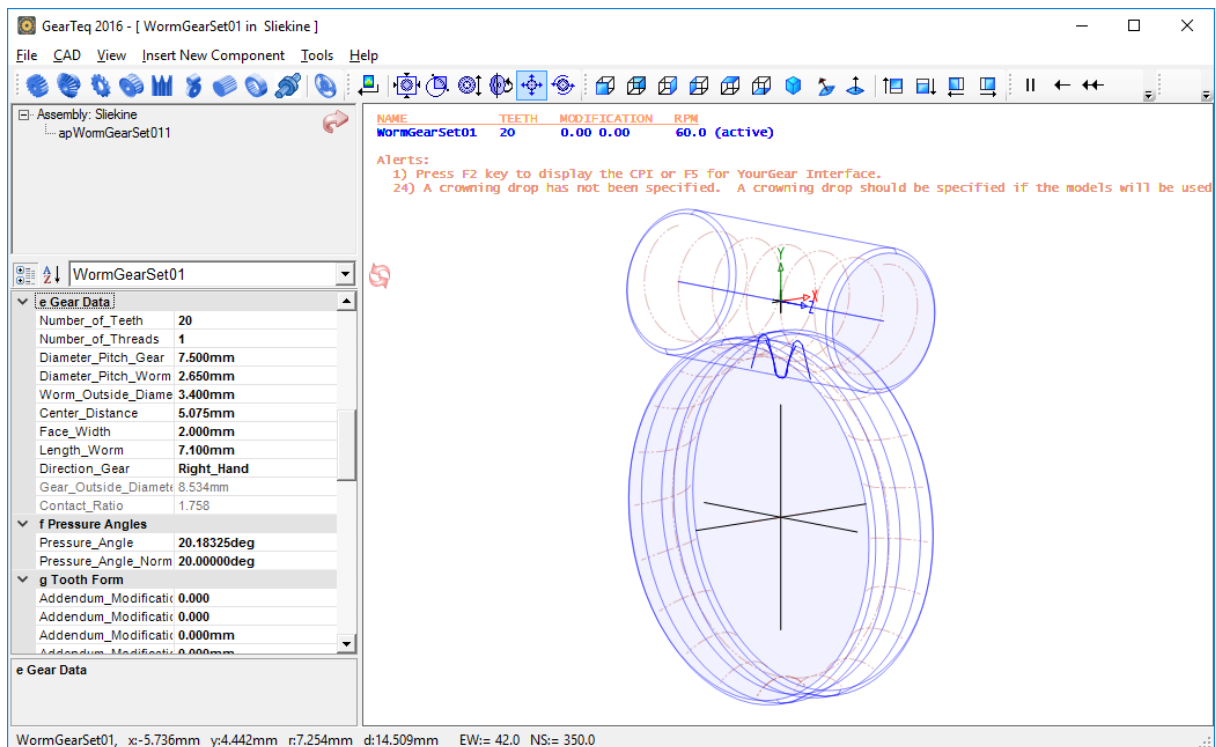
Metalai ir jų lydiniai, iš kurių gaminamos sliekinės perdavos:

- ketus – lengvai apdirbamas ir suteikia pavariai ilgaamžiškumą;
- legiruoti plienai – perdava ilgaamžiška ir atspari korozijai. Tinkamai parinktos legiruojančios medžiagos gali padidinti kietumą ir sumažinti kontaktinius įtempius;
- konstrukciniai plienai – lengva gamyba, perdava atlaiko dideles apkrovas, atspari virpesiams;
- angliniai plienai – pigūs ir stiprūs plienai, bet lengvai rūdijantys;
- aliuminis – naudojamas retai, dėl didelio tamprumo modulio;
- bronzos – pigios ir atsparios korozijai. Naudojamos sliekračių gamyboje;

- varis – brangus, lengvai formuojamas. Stiprumas didinamas naudojant varinę bronzą;
- polimerai – perdava iš polimerų mažiau triukšminga, atspari korozijai, bet trapi;
- kitos medžiagos – dažniausiai naudojamos individualiems užsakymams (pvz. mediena).



4.11 pav. Sliekinės perdavos pagrindiniai parametrai [26]



4.12 pav. Suprojektuota sliekinė perdava ir jos parametrai

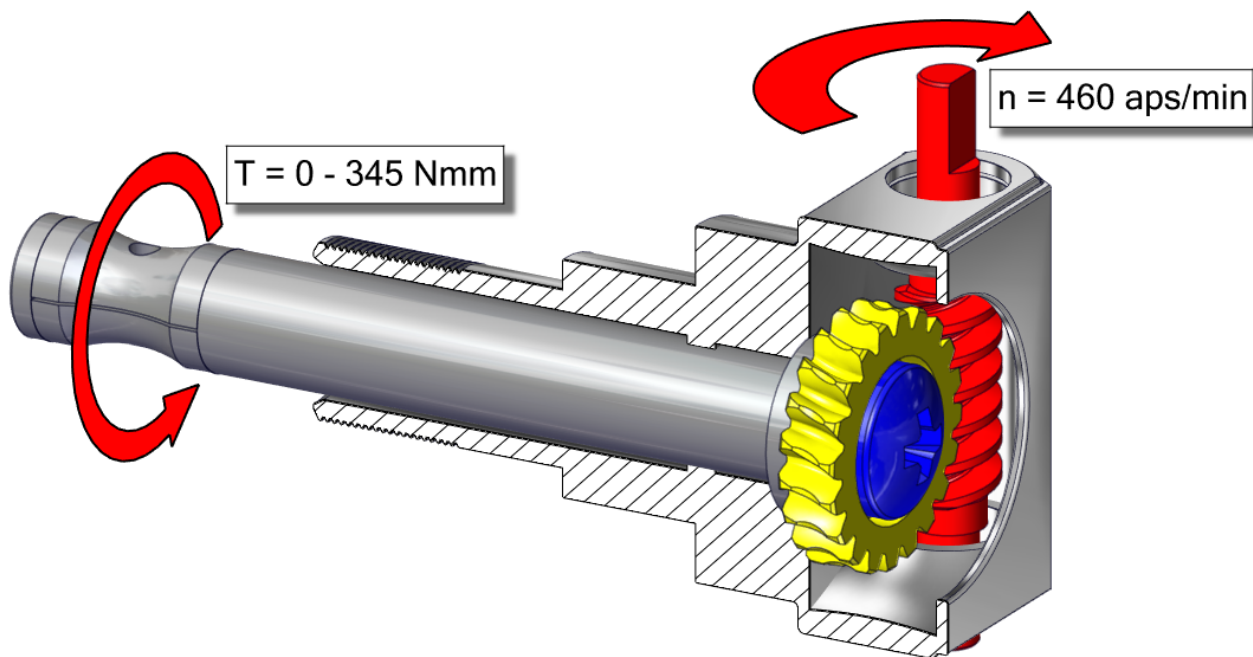
4.12 pav. pateikta sliekinė perdava, suprojektuota naudojant „SolidWorks“ priedą „GearTeq“.

Svarbiausios perdavos charakteristikos:

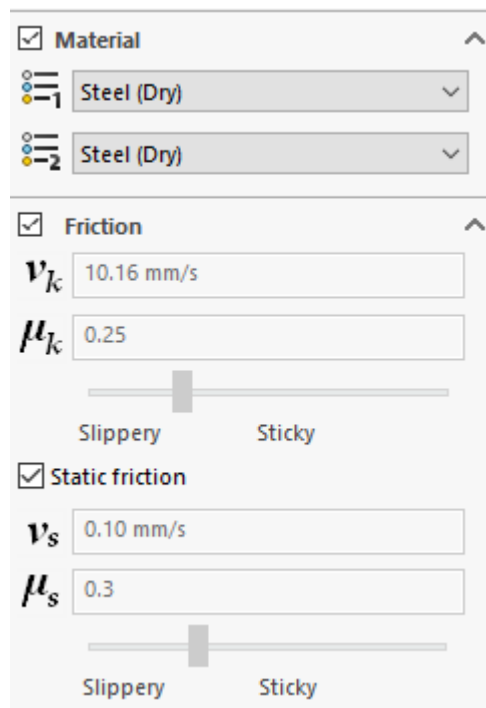
- sliekračio dantukų skaičius (angl. number of teeth) – 20;
- slieko vijų pradžių skaičius (angl. number of threads) – 1;
- sliekračio dalijamasis skersmuo (angl. diameter pitch gear) – 7,5 mm;
- slieko išorinis diametras (angl. worm outside diameter) – 3,4 mm;
- tarpcentrinis atstumas (angl. center distance) – 5,075 mm.

Turint suprojektuotą veleną ir sliekinę perdava, galima atlikti judesių analizę „SolidWorks Motion“ aplinkoje. Judesių modeliavimo schema pateikta 4.13 pav.

„Motion“ aplinkoje nustatytas kontaktas tarp slieko ir sliekračio. Nurodytos medžiagos, iš kurių pagamintos šios detalės ir tepimo sąlygos (žr. 4.14 pav.)

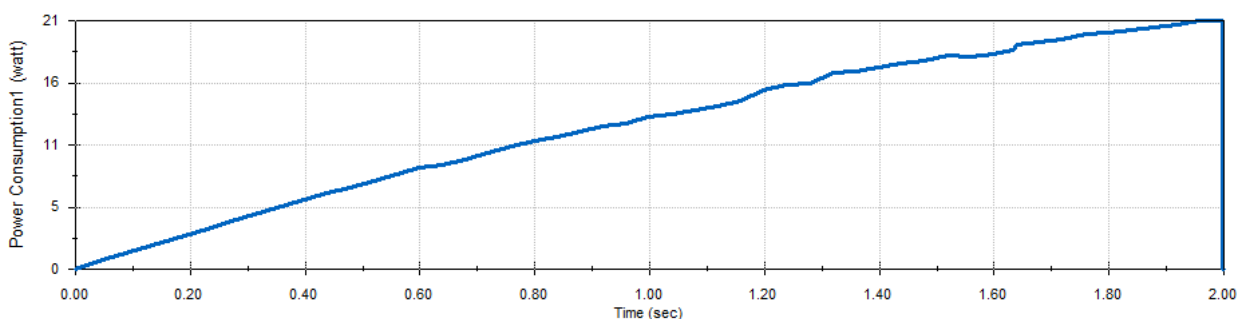


4.13 pav. Judesių modeliavimo schema



4.14 pav. Medžiagos ir trinties sąlygos

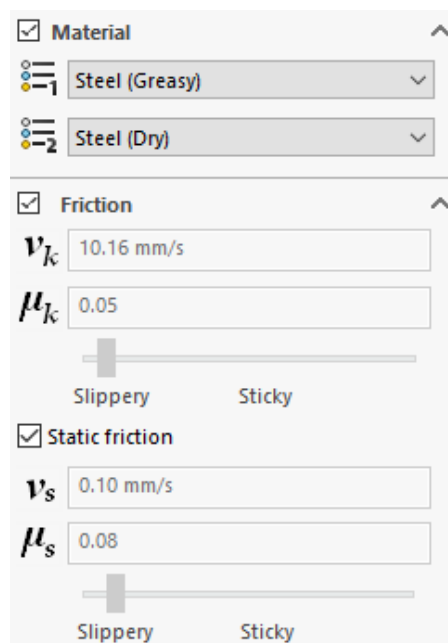
Judesių analizės laikas lygus 2 s. Tiek laiko pakanka, kad programa pateiktų rezultatų grafikus. Po dviejų sekundžių variklis išjungiamas. Sliekinė perdava savistabdė, todėl išjungus variklį jis turėtų sustoti ir momentas sumažėti iki 0. Rezultatai pateikti 4.15 pav.



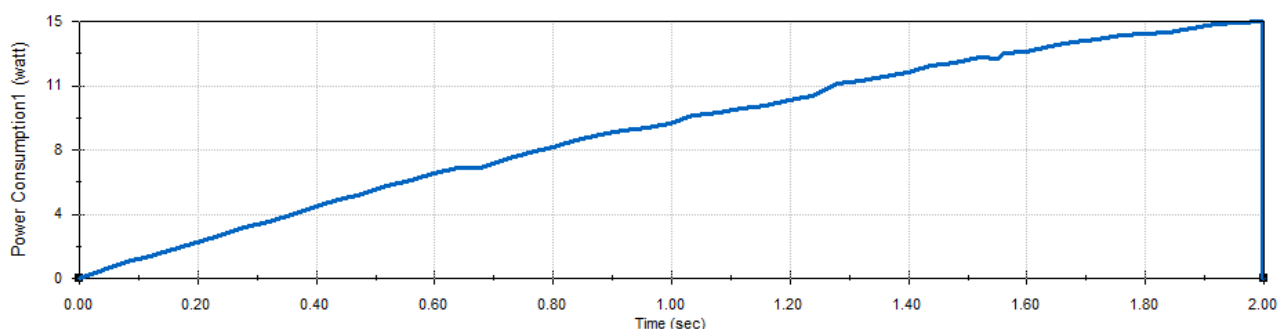
4.15 pav. Reikalingos variklio galios grafikas (perdava netepama)

Aukščiau pateiktame grafike nurodyta variklio galingumo priklausomybė nuo laiko. Velenas apkrautas kintamu momentu, kurio vertė artėja maksimalios vertės link. Tokiu būdu parodomas realus stygos tempimo atvejis. Po 2 s variklis išjungiamas ir momentas sumažėja iki 0.

Toliau atliekamas skaičiavimas su pakeistomis sliekinės perdavos darbo sąlygomis. Priimta, kad sliekratis tepamas. Šiuo atveju sumažėja trintis slieko ir sliekračio kontakto zonoje, reikalinga mažesnė variklio jėga (žr. 4.17 pav.).



4.16 pav. Pakeistos tepimo sąlygos



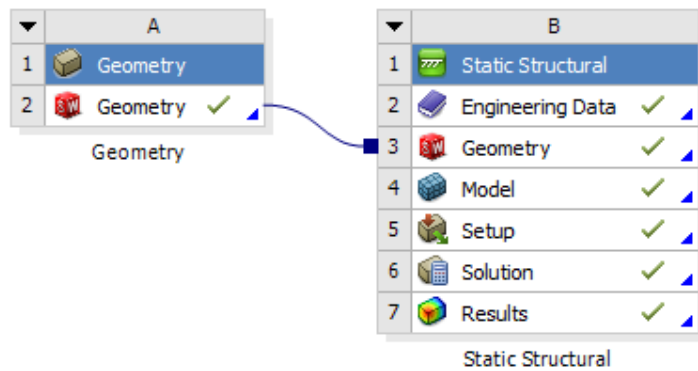
4.17 pav. Reikalingos variklio galios grafikas (perdava tepama)

Iš 4.15 ir 4.17 pav. pateiktų grafikų matyti, jog netepamai sliekinei perdavai reikalingas 21 W, o tepamai – 15 W galios variklis.

4.6. Sliekinės perdavos stiprumo skaičiavimas

Naudojant „ANSYS Workbench“ programą tikrinamas sliekinės perdavos stiprumas. Dviejų sąveikaujančių detalių stiprumo analizę (slieko ir sliekračio) galima atlikti naudojant „Static Structural“ (statinė analizė) arba „Transient Structural“ (pereinamoji judesių analizė) skaičiavimo blokus.

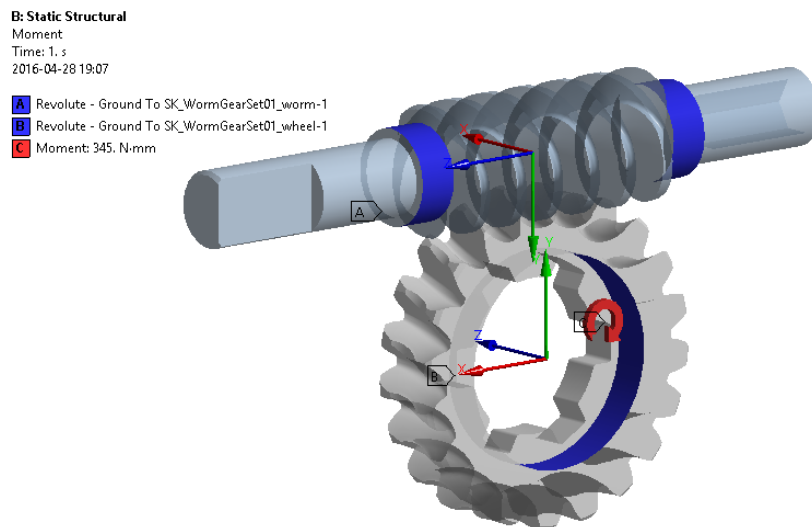
Įtempus stygą, sliekinę perdavą veikia pasipriešinimo momentas M_S (žr. 5.1 formulė). Styga visą laiką įtempta ta pačia jėga, todėl apkrovimas statinis. Daroma išvada, kad stiprumo skaičiavimui pakanka statinės analizės skaičiavimo bloko (4.18 pav.).



4.18 pav. Sliekinės perdavos stiprumo skaičiavimo blokas

Sliekratis bus gaminamas iš konstrukcinio plieno (angl. structural steel). Tokios rūšies plieno markės pasižymi dideliu stiprumu ir atsparumu virpesiams. Sliekui parinktas E355 plienas.

Kraštinės sąlygos atvaizduojamos kinematinėmis poromis, t. y. sliekratis ir sliekas gali tik apsisukti apie savo ašį. Visi kiti posūkiai ir judėjimo kryptys suvaržytos. Ant sliekračio vidinio paviršiaus uždedamas pasipriešinimo momentas M_S . Kraštinių sąlygų schema pateikta 5.18 pav.



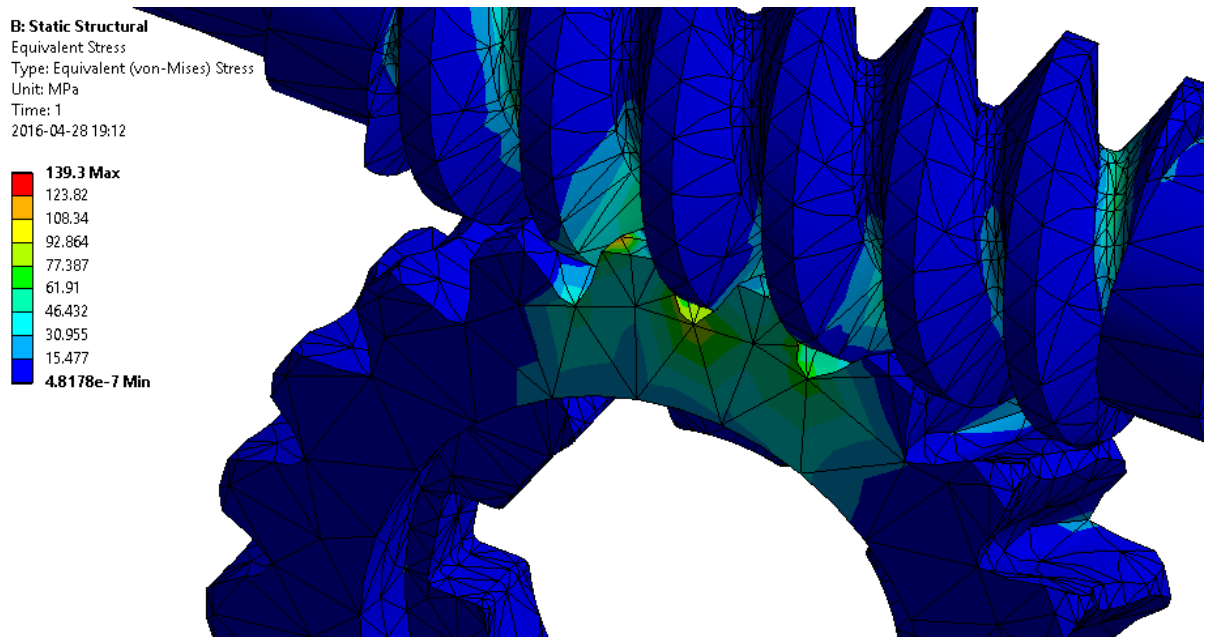
4.19 pav. Sliekinės perdavos stiprumo skaičiavimo blokas (A ir B – sukamosios kinematinės poros, C – momentas)

Tarp slieko ir sliekračio parenkamas tinkamas kontaktas. „ANSYS Workbench“ programoje yra šie kontakto tipai:

- bonded – laikoma, kad abi detalės sujungtos nevaržomai. Tai tiesinis kontakto tipas;
- no separation – panašus į „bonded“, bet detalės gali truputį keisti padėtį viena kitos atžvilgiu;
- rough – detalės laikomos kaip atskiri kūnai, bet negali judėti viena kitos atžvilgiu;
- frictionless – detalės gali judėti, trintis nevertinama;

- frictional – kontaktuojančios detalės gali judėti, vertinamas trinties koeficientas. Kai trinties koeficientas didesnis nei 0,2, gali atsirasti skaičiavimo problemų.

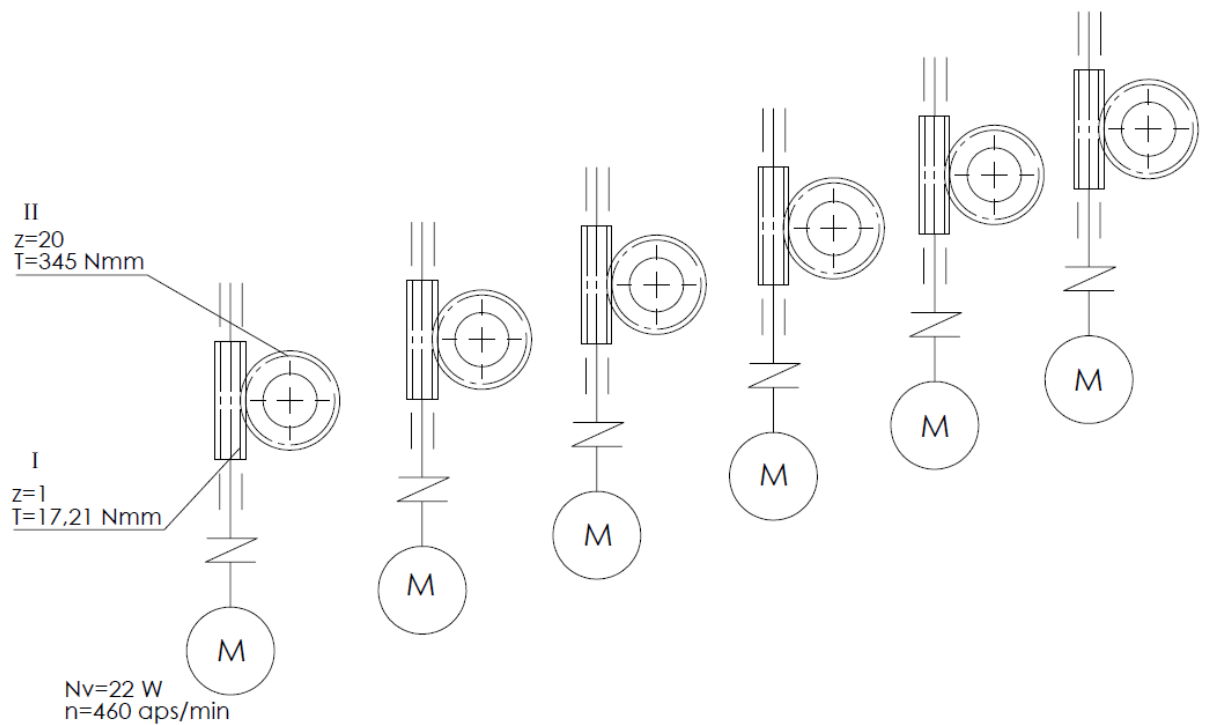
Visi anksčiau minėti kontakto tipai, išskyrus „bonded“, netiesiniai. Dėl to, kad apkrova statinė ir sliekinė perdava savistabdė, galima naudoti tiesinį kontakto tipą arba „no separation“. Šiame skaičiavime pasikliaunama „no separation“ kontaktu. Apkrovus patį slieką, siūloma naudoti „no separation“, „frictional“ arba „frictionless“ kontakto tipus.



4.20 pav. Mizesio įtempių grafikas

4.20 pav. matyti, jog ekvivalentinių Mizeso įtempių maksimalios reikšmės neviršija 140 MPa. Tokios perdavos stiprumas pakankamas, matmenų didinimas nereikalingas.

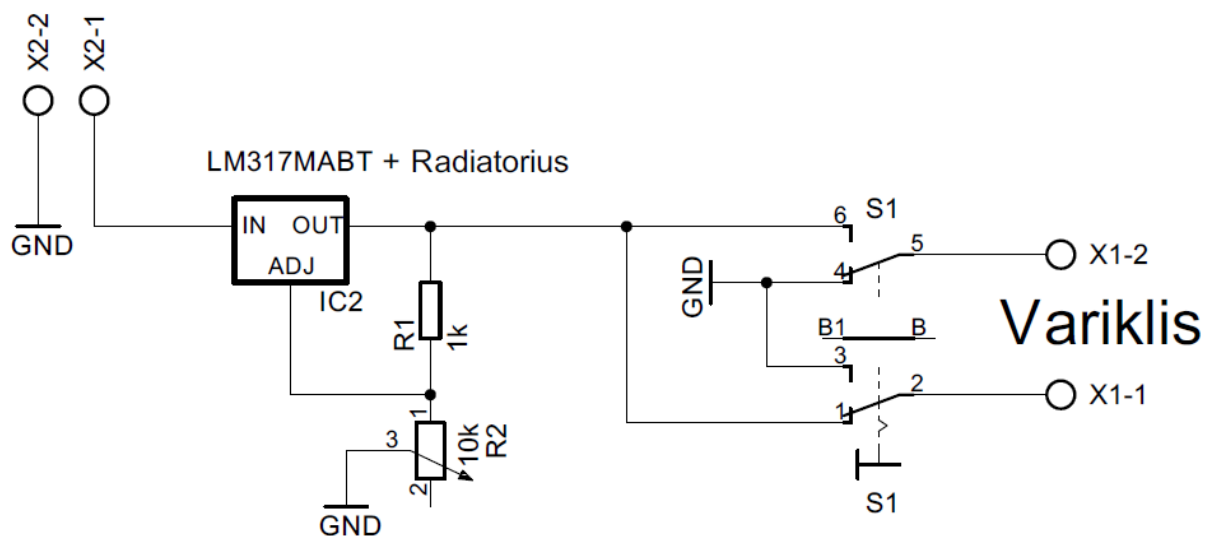
4.7. Derinimo mechanizmo kinematinė schema ir prototipo gamyba



4.21 pav. Derinimo mechanizmo kinematinė schema

Derinimo prietaiso prototipas pagamintas be sliekinės perdavos. Prie variklio movos pagalba jungiamas velenas, ant kurio užvyniojama styga. Tai padaryta siekiant patikrinti, ar paties variklio pakanka stygos tempimui. Prototipo valdymo elektrinė schema parodyta 4.22 pav.

Maitinimas 6-12V



4.22 pav. Prototipo elektrinė schema

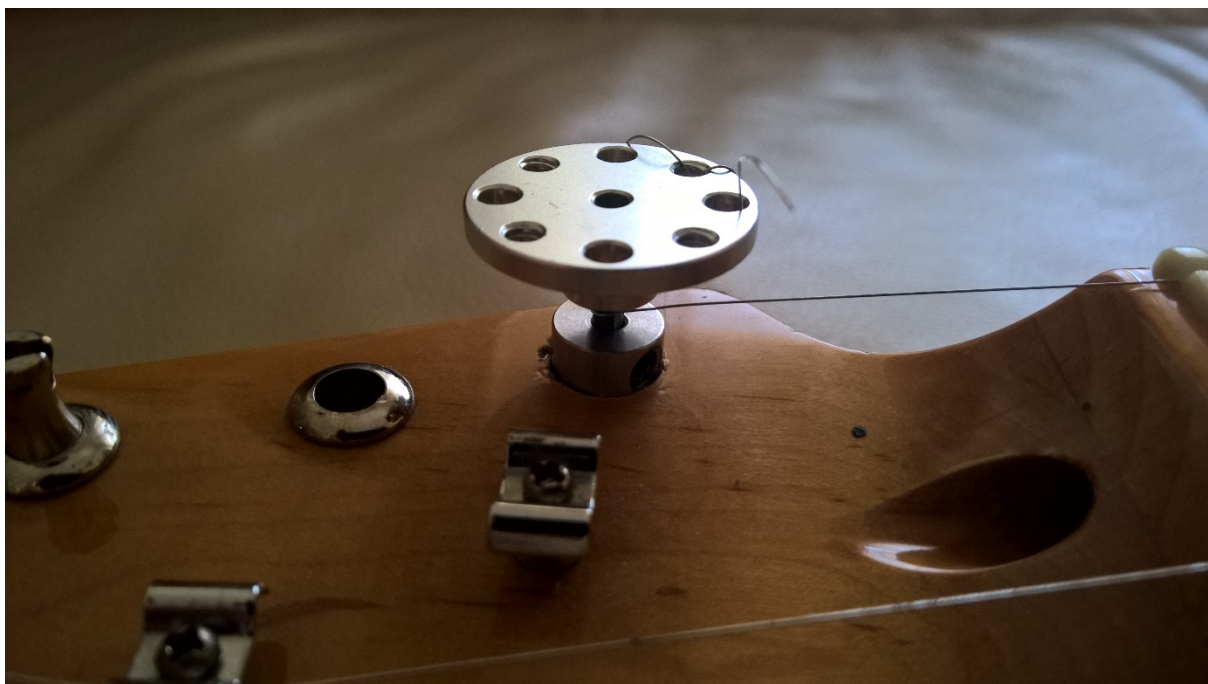
Prototipas tvirtinamas prie elektrinės gitaros „Stratocaster“ (žr. 4.23 pav.)



4.23 pav. Gitara, prie kurios tvirtinamas prototipas



4.24 pav. Variklis, prijungtas prie valdymo plokštės



4.24 pav. Mova ir velenas, ant kurio vyniojama styga

4.24 ir 4.25 pav. pateiktas pilnas prototipo vaizdas. Prototipas pagamintas tik vienai stygai derinti. Maitinimas tiesioginis iš rozetės, transformatorius įtampą sumažina iki 12 V. Potenciometras gali papildomai sumažinti įtampą iki 6 V. Keičiant įtampą, galima reguliuoti variklio greitį.

5. IŠVADOS

- Išanalizavus literatūrą, susipažinta su gitarų konstrukcija, akustikos pagrindais ir nuspręsta derinti gitarą pagal dažnį. Derinimas pagal tempimo jėgą netikslus, nes tempimo jėga kinta priklausomai nuo stygų eksploatacijos laiko.
- Vienas svarbiausių derinimo prietaiso parametrų – tikslumas. Išmatavus stygų virpėjimo dažnius, apskaičiuota prietaiso „ZOOM G5“ derinimo paklaida, kurios maksimali vertė 0,876 %. Projektuojant automatiką reikia atkreipti dėmesį į tai, kad projektuojamo prietaiso paklaida neviršytų 1%.
- Atlikus stygų stiprumo analizę nustatyta, kad suderinus ploniausias stygas, jos gali plastiškai deformuotis.
- Optimizavimo būdu apskaičiuoti trijų stygų trūkimo dažniai, kurie lygūs:
 - 0,013 colio skersmens stygai – 402,793 Hz;
 - 0,017 colio skersmens stygai – 403,506 Hz;
 - 0,02 colio skersmens stygai – pasiekama oktavos riba prie 558 MPa – dažnis 392 Hz.
- Šiame projekte skaičiuojamo antivibracinio veleno minimalus stiprumo atsargos koeficientas lygus 1,65.
- Pagal judesių analizės rezultatus mechanizmo varikliams reikalinga galia:
 - Tepant perdavą – 15 W;
 - Netepant perdavos – 21 W.
- Sliekinės perdavos stiprumas pakankamas. Veikiantys Mizeso įtempiai apkrautoje perdavoje lygūs 139 MPa.
- Iki šio momento suprojektuotas automatinis derinimo prietaisas ir pagamintas derinimo mechanizmo prototipas be sliekinės perdavos.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Dr. M. Kasha, „A New Look at The History of the Classic Guitar“, Guitar Review 30, 1968, psl. 3–12.
2. Žurnalas: „Adaptery gitarowe“, Radioelektronik, 8/1982.
3. D. Brosnac, „Guitar Electronics: A Workbook“, 1980.
4. C. Denyer, "Playing the guitar": 'How the guitar is tuned'“, psl. 68–69.
5. A. Milne, W. A. Sethares, J. Plamondon, „Isomorphic Controllers and Dynamic Tuning: Invariant Fingerings Across a Tuning Continuum“, Computer Music Journal, Winter 2007, Vol. 31, No. 4, psl. 15–32.
6. Gitarų gamintojo internetinis puslapis. [Žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per internetą: <http://gibson.com>.
7. B. Sethares, „Regular tunings“. Alternate tuning guide“, Madison, Wisconsin: University of Wisconsin; Department of Electrical Engineering, 2001, psl. 52–67.
8. S. Findlay, „The Evolution of the Guitar: Strumming its way through the ages“, Faze.
9. F. Ulaby, „Fundamentals of applied electromagnetics (5th ed.)“, Pearson: Prentice Hall, 2007.
10. D. Tillman, „Response Effects of Guitar Pickup Position and Width“, 2002.
11. Nuoroda į paveikslėlį. [Žiūrėta 2016.04.23]. Prieiga per internetą: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/Roundwound_strings.png.
12. Stygos virpėjimo teorija. [Žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per internetą: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/waves/string.html>. Žiūrėta 2015-06-11.
13. Garso dažniai. [Žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per internetą: <http://www.intmath.com/trigonometric-graphs/music.php>
14. E. Jansson, „Acoustics for Violin and Guitar Makers“, Royal Institute of Technology, Sweden, 2002.
15. E. Costa, P. Serrão, V. Infante, A. R. Ribeiro, „Experimental Characterization of Portuguese Guitar Strings Mechanical Properties“, Department of Mechanical Engineering, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
16. Informacija apie geležies-nikelio lydinius. [Žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per internetą: http://www.nickel-alloys.net/nickelalloys.html#_Stainless_steels
17. A. Žiliukas, „Medžiagų mechanika“, Kaunas Technologija, 2004.
18. W. Ramberg, W. Osgood, „Description of Stress–strain Curves by Three Parameters“, Technical Note No. 902, National Advisory Committee for Aeronautics, Washington DC, 1943
19. I. Tylek, K. Kuchta, „Mechanical properties of structural stainless steels“, Technical transactions - Civil engineering, 2014.

20. Stygų tipai. [Žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per internetą: <http://gearbible.com/string-bible-2>
21. H. Lee, „Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 15“, SDC Publications.
22. Derinimo galvutės konstrukcija. [Žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per internetą:
<http://guitar-parts.biz/download/M6Serie.pdf>.
23. Elektrinės gitaros galvutės matmenys. [Žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per internetą:
<http://vip-guitars.at.ua/Drawing/Strat/neck1.jpg>
24. Fender Stratocaster gitaros originalus darbo brėžinys. [Žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per internetą:
<http://smg.photobucket.com/user/jwells393/media/Neck%20Building/StratNeckBlueprint.jpg.html>
25. Variklio matmenys. [Žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per internetą:
https://www.servocity.com/html/900_rpm_micro_gearmotorblocks.html#.VxtivP196Uk
26. Informacija apie sliekines perdavas. [Žiūrėta 2016-04-23]. Prieiga per internetą:
http://www.globalspec.com/learnmore/motion_controls/power_transmission/gears/worms_worm_gears
27. D. Vaičiulis, „Mašinų elementų kursinis projektavimas I dalis“, Kaunas Technologija, 2010.

PRIEDAI

I priedas. Plieno AISI 304 charakteristikos



Long Products Stainless Steel Grade Sheet

AISI 304
UNS S30400
EN 1.4301

AISI 304L
UNS S30430
EN 1.4307

INTRODUCTION:

Types 304 and 304L are the most versatile and widely used of all the stainless steels. Their chemical composition, mechanical properties, weldability and corrosion/oxidation resistance provides the best all-round performance at relatively lower cost.

These have excellent low-temperature properties and respond well to hardening by cold working. The carefully controlled chemical compositions of various sub-grades provide a large range of cold work hardenability, enabling them to suit for various applications by direct drawing without intermediate annealing. Contact us to suggest a suitable NAS grade to satisfy your specification.

The 304 types SS have good welding characteristics. Post-weld annealing is not normally required to restore the excellent performance of these grades in a wide range of mildly corrosive conditions. Type 304L SS does not require post-weld annealing and finds extensive use in heavy-gauge components where freedom from carbide precipitation is often required.

PROUDCTS AVAILABLE

Wire Rod, Round Bars and equal leg length Angles. See product sheet for dimensions, tolerances, finishes available and other details.

Standard Chemical Composition:

Elements			C	MN	P	S	SI	CR	NI
UNS S30400	AISI 304	Min						18.00	8.00
		Max	.08	2.0	0.045	.030	1.00	20.00	10.50

UNS S30403	AISI 304L	Min						18.00	8.00
		Max	.03	2.0	0.045	.030	1.00	20.00	12.00

Nominal Mechanical Properties (annealed condition)

Tensile Strength ksi[MPa]	Yield Strength ksi[MPa]	% Elong 4d	% Reduction in Area	Hardness HB
85[585]	35[240]	40	50	150

Nominal Physical Properties: The values are at room temperature, unless otherwise specified.

Density	7.9 kg/m ³	Mean Co-efficient of Thermal Expansion 0- 100°C	17.2 um/mK
Modulus of Elasticity	193		
Specific Heat Capacity	500J/kgK	Melting Range	1400-1450°C
Thermal Conductivity @100°C	16.2W/mK	Relative Permeability*	1.02

*Note: This grade is non-magnetic in annealed condition but becomes slightly magnetic after cold working.

PROPERTIES AT ELEVATED TEMPERATURE

The properties quoted below are typical of annealed 304 only, as strength values for 304L fall rapidly at temperatures above 425°C. These values are given as a guideline only, and should not be used for design purposes.

SHORT TIME ELEVATED TEMPERATURE TENSILE PROPERTIES

Property	Type	Temperature (°C)								
		100	300	500	600	700	800	900	1 000	1 100
Tensile Strength (MPa)	304	510	435	410	360	245	135	75	40	20
	321	525	405	380	335	265	175	100	60	25
0.2% Proof Stress (MPa)	304	220	145	125	110	95	70			
	321	210	165	140	130	115	95			
Elongation (% in 50mm)	304	52	40	36	35	35	37	42	73	96
	321	50	43	37	37	48	68	62	62	87

MAXIMUM RECOMMENDED SERVICE TEMPERATURE
(In oxidising conditions)

Operating Conditions	Temperature (°C)	
	304	321
Continuous	830	830
Intermittent	800	800

PROPERTIES AT SUB-ZERO TEMPERATURES

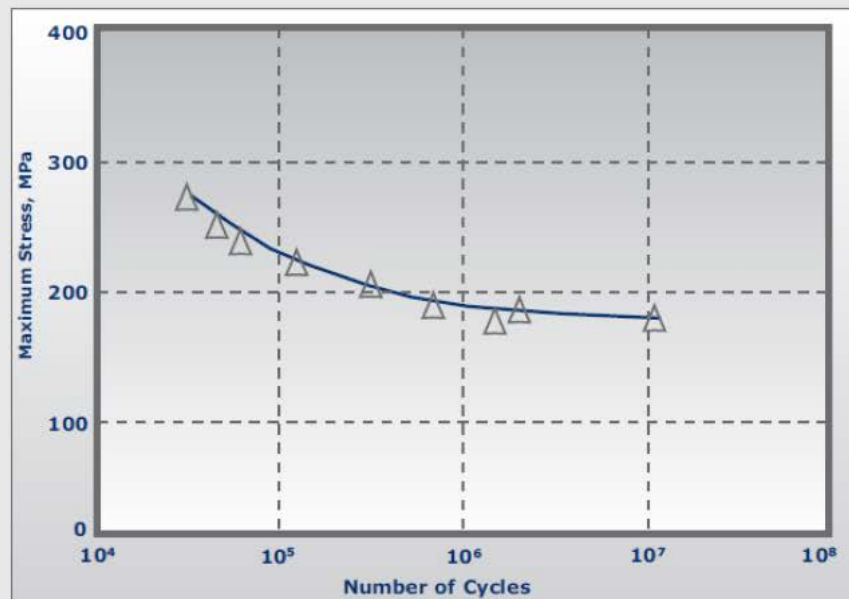
The properties quoted below are typical of annealed CS304 only

Temperature (°C)	20	0	-10	-50	-100	-140	-196
Tensile Strength (MPa)	616	885	976	1101	1281	1368	1609
0.2% Proof Stress (MPa)	255	242	240	236	222	246	231
Elongation (%)	70	64	55	50	42	41	38
Impact Energy (J)	217	204	194	194	168	160	168

FATIGUE PROPERTIES

When looking into the fatigue properties of austenitic stainless steels, it is important to note that design and fabrication—not material—are the major contributors to fatigue failure. Design codes (e.g., ASME) use data from low-cycle fatigue tests carried out on machined specimens to produce conservative S-N curves used with stress concentration factors (k_{1c}) or fatigue strength reduction factors (k_t). In essence, the fatigue strength of a welded joint should be used for design purposes, as the inevitable flaws (even only those of cross-sectional change) within a weld will control the overall fatigue performance of the structure.

The curve below shows a typical S-N curve for 304 stainless steel.



ANNEALING

Annealing of types SS304 and SS304L is achieved by heating to above 1900°F for 60 minutes per inch thickness followed by water quenching. The best corrosion resistance is achieved when the final annealing temperature is above 1900°F. Controlled atmospheres are recommended in order to avoid excessive oxidation of the surface.

STRESS RELIEVING

The lower-carbon grade (304L) can be stress relieved at 850°F to 1100°F for 60 minutes with little danger of sensitization. A lower stress-relieving temperature of 750°F maximum must be used with 304 SS with longer soaking times. If stress relieving is carried out above 1100°F, there is a serious threat of grain boundary sensitization occurring with a concomitant loss in corrosion resistance.

HEAT TREATMENT

Annealing: Parts can be annealed at 1900°F–2050°F held for minimum 60 minutes per inch of thickness and water quenched. Prolonged exposure between 800°F–1500°F must be avoided to prevent embrittlement and loss of corrosion properties.

This grade does not harden with heat treatment.

COLD WORKABILITY

304/304L can be readily cold worked. Strain-hardening rate will vary depending on chemistry. Operations such as drawing, forging, upsetting and bending are common. Severe forming may require intermediate annealing.

MACHINABILITY

Like most other austenitic steels, these grades machine with rough and stringy chips; therefore, chip curlers can be beneficial. NAS provides a special chemistry balance for bars with improved machinability. Contact NAS for details.

WELDING

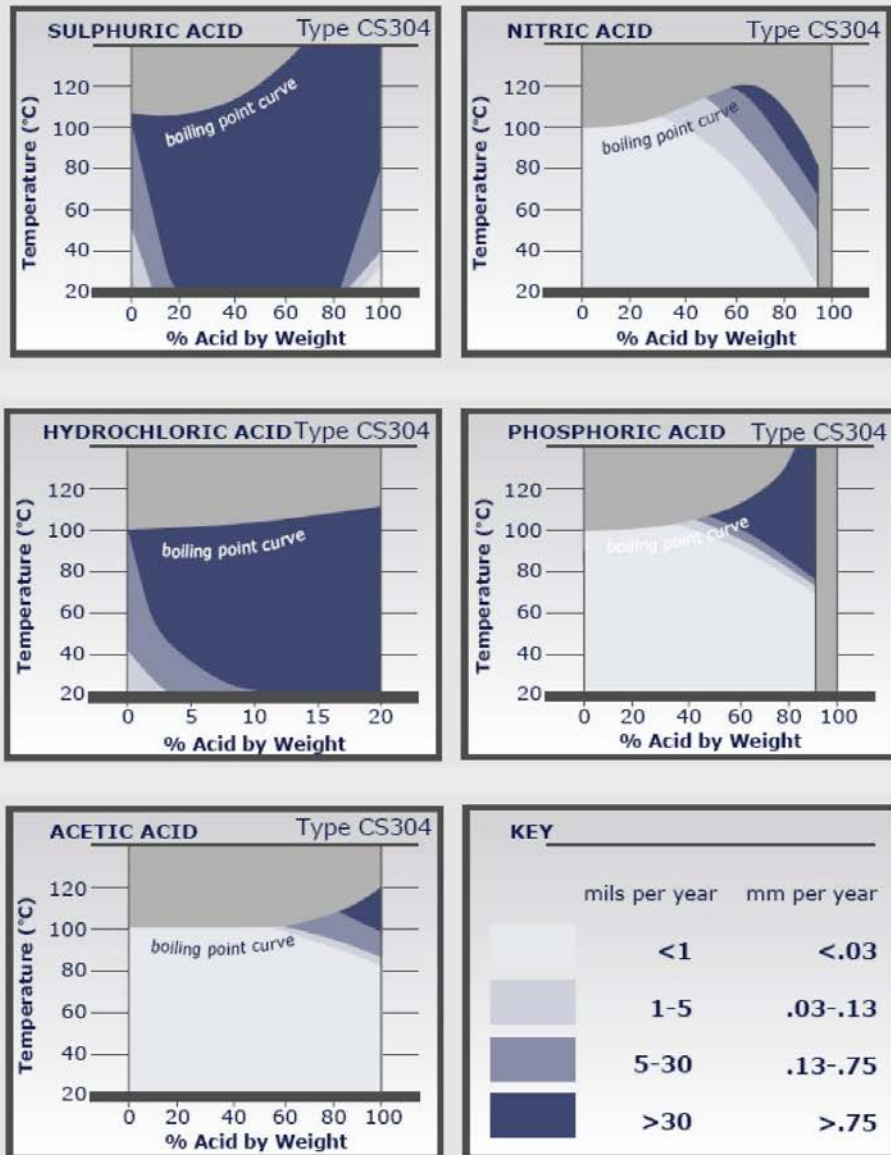
304/304L SS types have good welding characteristics and are suited to all standard welding methods. Either matching or slightly over-alloyed filler wires should be used. For maximum corrosion resistance, the higher carbon type SS304 should be annealed after welding to dissolve any chromium carbides which may have precipitated. The weld discoloration should be removed by pickling and passivation to restore maximum corrosion resistance.

CORROSION RESISTANCE

304/304L SS have excellent corrosion resistance in a wide variety of corrosive media, including foodstuffs, sterilizing solutions, most organic chemicals and dyes and a wide variety of inorganic chemicals. Iso-corrosion diagrams for 304 in sulfuric, nitric, hydrochloric, phosphoric and acetic acids are shown below.

In service, acid corrosion may be either inhibited or accelerated by the presence of other chemicals or contaminants. The reaction of a material to all the possible service variables

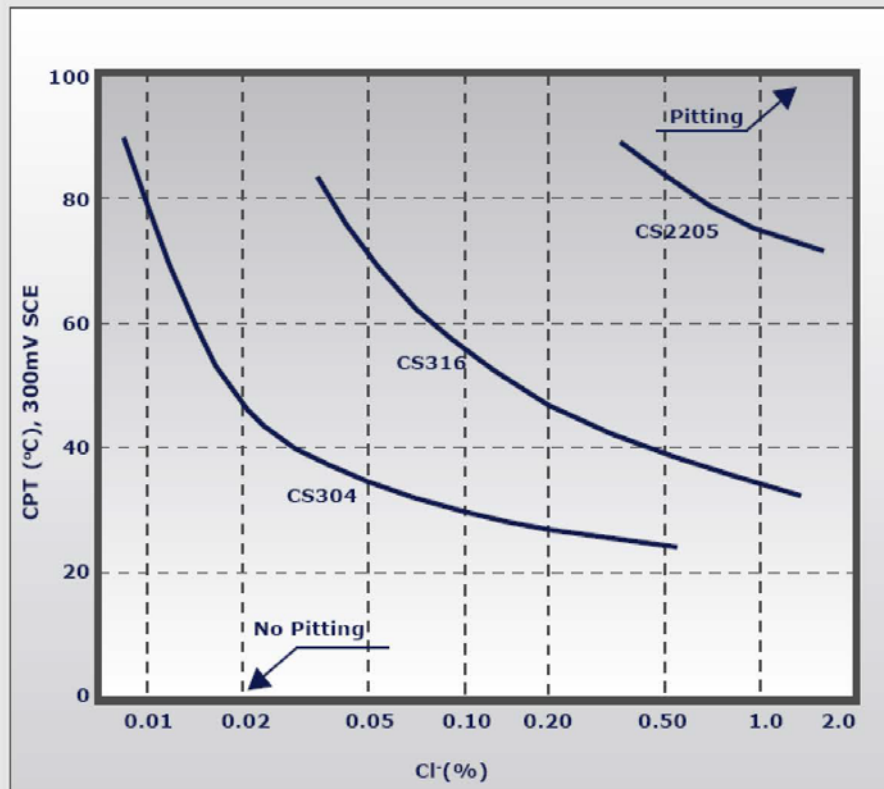
can not be fully assessed in the laboratory. Consequently, tests have been carried out in pure acid solutions and are intended only to provide a guide to general uniform corrosion in this media. In situ testing will provide more reliable data for material selection.



PITTING RESISTANCE

Pitting resistance is important, mainly in applications involving contact with chloride solutions, particularly in the presence of oxidizing media. These conditions may be conducive to localized penetration of the passive surface film on the steel and a single deep pit may well be more damaging than a much greater number of relatively shallow pits. Where pitting corrosion is anticipated, steels containing molybdenum (such as 316L) should be considered.

The diagram below shows the critical temperature for initiation of pitting (CPT) at different chloride contents for SS304, SS316 and SS2205 types.



Pitting resistance equivalent numbers (PREN) are a theoretical way of comparing the pitting corrosion resistance of various types of stainless steels, based on their chemical compositions. The PREN (or PRE) numbers are useful for ranking and comparing the different grades, but cannot be used to predict whether a particular grade will be suitable for a given application, where pitting corrosion may be a hazard.

INTERGRANULAR CORROSION

Sensitization may occur when the heat-affected zones of welds in some austenitic stainless steels are cooled through the sensitizing temperature range of between 850°F and 1550°F. At these temperatures, a compositional change may occur at and near the grain boundaries. If a sensitized material is then subjected to a corrosive environment, intergranular attack may be experienced. This corrosion takes place preferentially in the heat-affected zone away from and parallel to the weld. Susceptibility to this form of attack, often termed “weld decay”, may be assessed by testing per ASTM A262, Practice A & E.

In the more severe nitric acid test, some weldments in 304 may exhibit slight intergranular corrosion. For service in the as-welded condition in severe chemical environments, 304L would be recommended over 304.

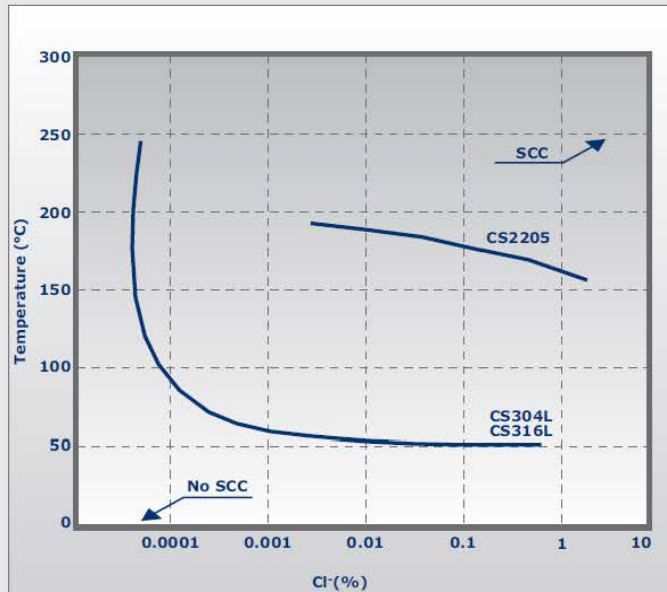
ATMOSPHERIC CORROSION

The atmospheric corrosion resistance of austenitic stainless steel is unequalled by virtually all other uncoated engineering materials. Stainless steel develops maximum resistance to staining and pitting with the addition of molybdenum. For this reason, it is common practice to use the molybdenum-bearing 316 SS grade in areas where the atmosphere is highly polluted with chlorides, sulfur compounds and solids, either singly or in combination. However, in urban and rural areas, 304 SS generally performs satisfactorily.

STRESS CORROSION CRACKING

Stress corrosion cracking (SCC) can occur in austenitic stainless steels when they are stressed in tension in chloride environments at temperatures in excess of about 140°F. The stress may be applied, as in a pressure system, or it may be residual arising from cold-working operations or welding. Additionally, the chloride ion concentration need not be very high initially, if locations exist in which concentrations of salt can accumulate. Assessment of these parameters and accurate prediction of the probability of SCC occurring in service is therefore difficult.

Where there is a likelihood of SCC occurring, a beneficial increase in life can be easily obtained by a reduction in operating stress and temperature. Alternatively, specially designed alloys, such as duplex stainless steels, should be used.



Resistance to stress corrosion Cracking (laboratory results) for SS304L, SS316L and SS2205.

DISCLAIMER

The material contained in this Web Page/Sheet has been designed as a guide for customers of North American Stainless. However, the material contained herein is not intended as a substitute for any person's procedures and should not be used or relied upon for any specific or general application without first obtaining competent advice. Furthermore, North American Stainless disclaims any responsibility for the suitability of the steel in question for any particular purpose or for the performance or selection of the steel, unless North American Stainless specifically authorizes the purpose or selection. The material contained in this Web Page/Sheet does not purport to be a comprehensive or exhaustive statement of all relevant material applicable to special and general steel products and no representation, condition or warranty, express or implied, is given by North American Stainless as to the accuracy or completeness of this Web Page/Sheet and, so far as is permitted by law, North American Stainless, its members, staff and consultants disclaim any duty of care in relation to the preparation of this Web Page/Sheet and the information that it contains and shall not be liable for any direct, indirect or consequential loss, damage or injury suffered by any person, howsoever caused as a result of relying on any statement in or omission to this Web Page/Sheet and any such liability is expressly disclaimed. North American Stainless shall not be liable in the event of a breakdown, malfunction or failure occurring due to faulty design, material or workmanship of the steel, whether based on the information contained herein or not, and shall not, under any circumstances, be liable for any damages, either direct or indirect, particularly consequential damages, including but not limited to damages for loss of profits.

II priedas. Stygų gamintojo „D‘Addaro“ stygų charakteristikos

This brochure was created to assist in selecting the ideal string for your instrument and playing style. Included in this brochure are tension tables and formulas to help you calculate what tension a particular string will have on your instrument.

Table of contents

Introduction

Technical Reference for fretted instrument string tensions	4
Guitar and Bass Fingerboard Legends	5

String Tensions

Acoustic or Electric Guitar	6
Pedal Steel Guitar	7
Acoustic Guitar	7
Classical Guitar	8
Folk Guitar	10
Electric Bass Guitar	10
Acoustic Bass Guitar	13
Mandolin Family Strings	13
Banjo & Loop End Strings	14

A complete technical reference for fretted instrument string tensions

Understanding what determines string tension.

In order to determine the tension at which a string will vibrate, you need three pieces of information: the Unit Weight, the Scale Length, and the Frequency of the string. You can use the charts in this brochure to get a pre-calculated tension for the D'Addario strings listed or you can use the formulas below to calculate the exact tension for any string using the scale length of your particular instrument. All of the charts illustrate string tensions for each string at a variety of pitches, in case you use alternative tunings.

- UW-** Unit Weight. In all the charts and formulas in the brochure, unit weight is expressed in pounds per linear inch (lb/in).
- L-** Scale Length. This is the vibrating length of the string. This is determined by measuring the distance from the nut to the bridge of the instrument in inches (in).
- F-** Frequency or pitch. This is the pitch at which you will be tuning the string expressed in cycles per second (Hertz).

On the following page are two fingerboard graphics detailing the various frequencies for the standard guitar and electric bass guitar.

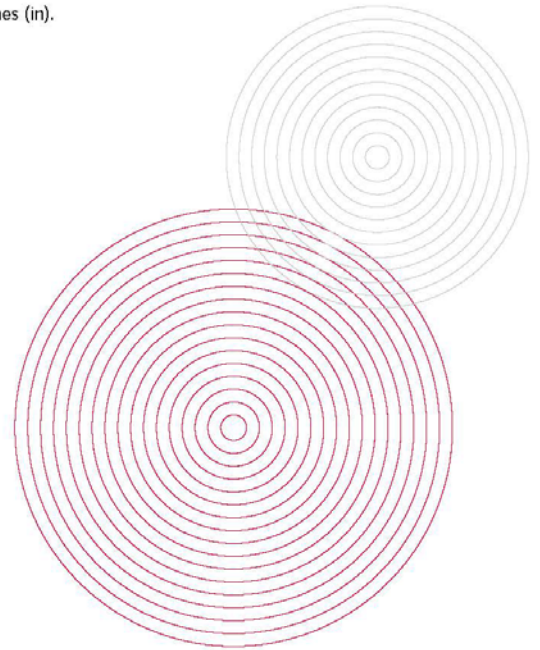
To calculate the tension of a string in pounds use the formula below, inserting the three variables described above:

$$T \text{ (Tension)} = (UW \times (2 \times L \times F)^2) / 386.4$$

To convert the result into Newtons, simply multiply by 4.45.

If you know what tension you want the string to have, you can calculate the string unit weight. You can then use the charts in this guide to locate a string with approximately the same desired unit weight.

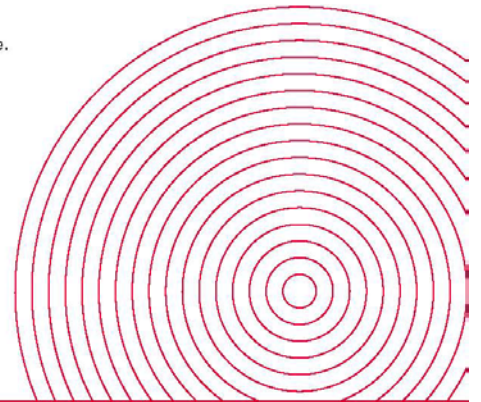
$$UW \text{ (unit weight)} = (T \times 386.4) / (2 \times L \times F)^2$$



Scale Lengths

To calculate the exact tension for a string on your instrument, measure the scale length (nut to bridge) of your instrument and then use the formula on the previous page. The following scale lengths were used to determine the string tensions found on the tension charts in this brochure.

- Acoustic/Electric/Classical Guitar = 25 1/2"
- Electric Bass Guitar (Superlong Scale) = 36"
- Electric Bass Guitar (Long Scale) = 34"
- Electric Bass Guitar (Medium Scale) = 32"
- Electric Bass Guitar (Short Scale) = 30"
- Mandolin = 13 7/8"
- Mandola = 15 7/8"
- Mandocello = 25"
- Mandobass = 42"
- Banjo = 26 1/4" (19 5/8" for 5th string)



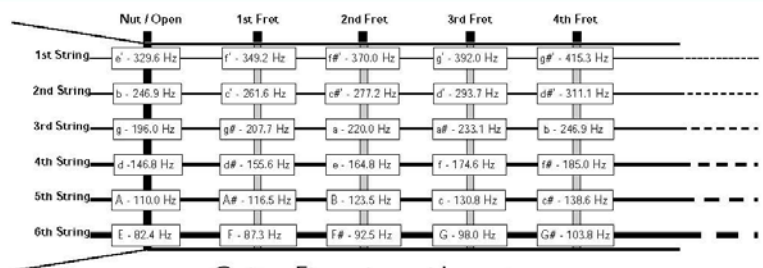
Fingerboard Legends for pitch and frequency at standard tuning

Guitar and Bass Guitar Fingerboard Legends

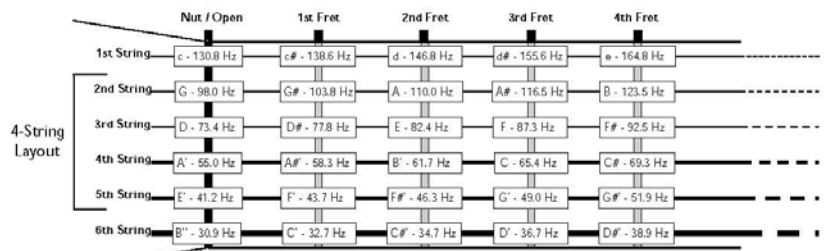
Use these graphics to determine the frequency (in Hertz) of the pitch you are looking for. Standard tunings were used for all guitar and electric bass guitar frequency measurements.

Pitch Notation

- c' (Middle c) = 261.6 Hz
- Note Above = d'
- Note Below = b
- Octave Above = c''
- Octave Below = c
- 2 Octaves Below = C
- 3 Octaves Below = C'



Guitar Fingerboard Layout
(Standard Tuning)



Bass Guitar Fingerboard Layout
(Standard 6-String Tuning)

acoustic or electric guitar

Plain Steel - Lock Twist

Item#	Unit Weight	g	f	e	d	c	b	a	g
PL007	.00001085	11.2	8.9	7.9	6.3	5.0	4.5	3.5	2.8
PL008	.00001418	14.7	11.6	10.4	8.2	6.5	5.8	4.6	3.7
PL0085	.00001601	16.6	13.1	11.7	9.3	7.4	6.6	5.2	4.1
PL009	.00001794	18.6	14.7	13.1	10.4	8.3	7.4	5.8	4.6
PL0095	.00001999	20.7	16.4	14.6	11.6	9.2	8.2	6.5	5.2
PL010	.00002215	22.9	18.2	16.2	12.9	10.2	9.1	7.2	5.7
PL0105	.00002442	25.3	20.0	17.9	14.2	11.3	10.0	8.0	6.3
PL011	.00002680	27.7	22.0	19.6	15.6	12.3	11.0	8.7	6.9
PL0115	.00002930	30.3	24.0	21.4	17.0	13.5	12.0	9.5	7.6
PL012	.00003190	33.0	26.2	23.3	18.5	14.7	13.1	10.4	8.2
PL013	.00003744	38.7	30.7	27.4	21.7	17.2	15.4	12.2	9.7
PL0135	.00004037	23.4	18.6	16.6	13.2	10.4	8.3	7.4	5.9
PL014	.00004342	25.2	20.0	17.8	14.1	11.2	8.9	7.9	6.3
PL015	.00004984	28.9	23.0	20.5	16.2	12.9	10.2	9.1	7.2
PL016	.00005671	32.9	26.1	23.3	18.5	14.7	11.6	10.4	8.2
PL017	.00006402	37.2	29.5	26.3	20.9	16.6	13.1	11.7	9.3
PL018	.00007177	29.5	23.4	18.6	14.7	13.1	10.4	8.3	7.4
PL019	.00007997	32.8	26.1	20.7	16.4	14.6	11.6	9.2	8.2
PL020	.00008861	36.4	28.9	22.9	18.2	16.2	12.9	10.2	9.1
PL022	.00010722	34.9	27.7	22.0	19.6	15.6	12.3	11.0	8.7
PL024	.00012760	41.6	33.0	26.2	23.3	18.5	14.7	13.1	10.4
PL026	.00014975	48.8	38.7	30.7	27.4	21.7	17.2	15.4	12.2

Plain Steel - Soldered Twist

Item#	Unit Weight	g	f	e	d	c	b	a	g
KPL009	.00001794	18.6	14.7	13.1	10.4	8.3	7.4	5.8	4.6
KPL010	.00002215	22.9	18.2	16.2	12.9	10.2	9.1	7.2	5.7
KPL011	.00002680	27.7	22.0	19.6	15.6	12.3	11.0	8.7	6.9
KPL012	.00003190	33.0	26.2	23.3	18.5	14.7	13.1	10.4	8.2
KPL013	.00003744	38.7	30.7	27.4	21.7	17.2	15.4	12.2	9.7
KPL014	.00004342	25.2	20.0	17.8	14.1	11.2	8.9	7.9	6.3
KPL016	.00005671	32.9	26.1	23.3	18.5	14.7	11.6	10.4	8.2
KPL017	.00006402	37.2	29.5	26.3	20.9	16.6	13.1	11.7	9.3
KPL020	.00008861	51.5	40.8	36.4	28.9	22.9	18.2	16.2	12.9

Plain Steel - Double Ball End

Item#	Unit Weight	g	f	e	d	c	b	a	g
SPL009	.00001794	18.6	14.7	13.1	10.4	8.3	7.4	5.8	4.6
SPL010	.00002215	22.9	18.2	16.2	12.9	10.2	9.1	7.2	5.7
SPL011	.00002680	27.7	22.0	19.6	15.6	12.3	11.0	8.7	6.9
SPL013	.00003744	38.7	30.7	27.4	21.7	17.2	15.4	12.2	9.7
SPL016	.00005671	32.9	26.1	23.3	18.5	14.7	11.6	10.4	8.2
SPL017	.00006402	37.2	29.5	26.3	20.9	16.6	13.1	11.7	9.3

XL - Nickelplated Steel Round Wound

Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	B
NW017	.00005524	-	18.0	14.3	11.3	10.1	8.0	6.4	5.7
NW018	.00006215	25.5	20.2	16.1	12.8	11.4	9.0	7.2	6.4
NW019	.00006947	28.5	22.6	18.0	14.3	12.7	10.1	8.0	7.1
NW020	.00007495	-	24.4	19.4	15.4	13.7	10.9	8.6	7.7
NW021	.00008293	34.0	27.0	21.4	17.0	15.2	12.0	9.6	8.5
NW022	.00009184	37.7	29.9	23.7	18.8	16.8	13.3	10.6	9.4
NW024	.00010857	44.6	35.4	28.1	22.3	19.8	15.8	12.5	11.1
NW026	.00012671	-	41.3	32.8	26.0	23.2	18.4	14.6	13.0
NW028	.00014666	30.1	26.8	21.3	16.9	15.1	11.9	9.5	7.5
NW030	.00017236	35.4	31.5	25.0	19.9	17.7	14.0	11.1	8.8
NW032	.00019347	39.7	35.4	28.1	22.3	19.9	15.8	12.5	9.9
NW034	.00021590	44.3	39.5	31.3	24.9	22.2	17.6	14.0	11.1
NW036	.00023964	49.2	43.8	34.8	27.6	24.6	19.5	15.5	12.3
NW038	.00026471	54.3	48.4	38.4	30.5	27.2	21.6	17.1	13.6
NW039	.00027932	32.2	28.7	22.8	18.1	14.3	12.8	10.1	8.0
NW042	.00032279	37.2	33.1	26.3	20.9	16.6	14.8	11.7	9.3
NW044	.00035182	40.5	36.1	28.7	22.7	18.0	16.1	12.8	10.1
NW046	.00038216	44.0	39.2	31.1	24.7	19.6	17.5	13.9	11.0
NW048	.00041382	47.7	42.5	33.7	26.8	21.2	18.9	15.0	11.9
NW049	.00043014	49.5	44.2	35.0	27.8	22.1	19.7	15.6	12.4
NW052	.00048109	55.4	49.4	39.2	31.1	24.7	22.0	17.4	13.9
NW054	.00053838	43.9	34.8	27.6	24.6	19.5	15.5	13.8	11.0
NW056	.00057598	46.9	37.2	29.5	26.3	20.9	16.6	14.8	11.7
NW059	.00064191	52.3	41.5	32.9	29.3	23.3	18.5	16.4	13.1
NW060	.00066542	54.2	43.0	34.1	30.4	24.1	19.2	17.1	13.5
NW062	.00070697	57.6	45.7	36.3	32.3	25.6	20.4	18.1	14.4
NW064	.00074984	61.1	48.5	38.5	34.3	27.2	21.6	19.2	15.3
NW066	.00079889	65.1	51.6	41.0	36.5	29.0	23.0	20.5	16.3
NW068	.00084614	68.9	54.7	43.4	38.7	30.7	24.4	21.7	17.2
NW070	.00089304	72.7	57.7	45.8	40.8	32.4	25.7	22.9	18.2
NW072	.00094124	76.7	60.8	48.3	43.0	34.1	27.1	24.1	19.2
NW074	.00098869	80.5	63.9	50.7	45.2	35.9	28.5	25.3	20.1
NW080	.00115011	93.7	74.4	59.0	52.6	41.7	33.1	29.5	23.4

XL - Nickelplated Steel Round Wound Steinberger

Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	B
SNW024	.00010857	44.6	35.4	28.1	22.3	19.8	15.8	12.5	11.1
SNW026	.00012671	-	41.3	32.8	26.0	23.2	18.4	14.6	13.0
SNW032	.00019347	39.7	35.4	28.1	22.3	19.9	15.8	12.5	9.9
SNW036	.00023964	49.2	43.8	34.8	27.6	24.6	19.5	15.5	12.3
SNW042	.00032279	37.2	33.1	26.3	20.9	16.6	14.8	11.7	9.3
SNW046	.00038216	44.0	39.2	31.1	24.7	19.6	17.5	13.9	11.0

XLS - Stainless Steel Round Wound

Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	B
XSG018	.00006588	27.0	21.5	17.0	13.5	12.0	9.6	7.6	6.8
XSG020	.00007919	-	25.8	20.5	16.2	14.5	11.5	9.1	8.1
XSG021	.00008774	-	28.6	22.7	18.0	16.0	12.7	10.1	9.0
XSG022	.00009731	39.9	31.7	25.2	20.0	17.8	14.1	11.2	10.0
XSG024	.00011501	-	37.5	29.7	23.6	21.0	16.7	13.2	11.8
XSG026	.00013419	-	43.7	34.7	27.5	24.5	19.5	15.5	13.8

XLS - Stainless Steel Round Wound

Item#	Unit Weight	f	e	d	c	B	A	G	F
XSG028	.00015493	31.8	28.3	22.5	17.8	15.9	12.6	10.0	7.9
XSG030	.00018203	37.4	33.3	26.4	21.0	18.7	14.8	11.8	9.3
XSG032	.00020398	41.9	37.3	29.6	23.5	20.9	16.6	13.2	10.5
XSG034	.00022729	46.6	41.6	33.0	26.2	23.3	18.5	14.7	11.7
XSG036	.00025198	51.7	46.1	36.6	29.0	25.9	20.5	16.3	12.9
XSG038	.00027804	-	50.8	40.3	32.0	28.5	22.6	18.0	14.3
Item#	Unit Weight	c	B	A	G	F	E	D	C
XSG040	.00031044	35.8	31.9	25.3	20.1	15.9	14.2	11.3	8.9
XSG042	.00033924	39.1	34.8	27.6	21.9	17.4	15.5	12.3	9.8
XSG046	.00040096	46.2	41.2	32.7	25.9	20.6	18.3	14.5	11.5
XSG048	.00043387	50.0	44.5	35.3	28.0	22.3	19.8	15.7	12.5
XSG050	.00046816	53.9	48.1	38.1	30.3	24.0	21.4	17.0	13.5
XSG052	.00050382	58.0	51.7	41.0	32.6	25.8	23.0	18.3	14.5
Item#	Unit Weight	A	G	F	E	D	B'	A'	
XSG054	.00056388	45.9	36.5	28.9	25.8	20.4	16.2	14.4	11.5
XSG056	.00060297	49.1	39.0	30.9	27.6	21.9	17.4	15.5	12.3
XSG070	.00092592	75.4	59.9	47.5	42.3	33.6	26.7	23.7	18.9

Half Round - Stainless Steel Half Round

Item#	Unit Weight	a	g	f	e	d	c	B	A
HRG022	.00011271	36.7	29.1	23.1	20.6	16.3	13.0	11.6	9.2
HRG024	.00012857	41.9	33.2	26.4	23.5	18.7	14.8	13.2	10.5
HRG026	.00014750	-	38.1	30.3	27.0	21.4	17.0	15.1	12.0
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	B	A	G	F
HRG030	.00018970	38.9	34.7	27.5	21.8	19.5	15.5	12.3	9.7
HRG032	.00021100	43.3	38.6	30.6	24.3	21.7	17.2	13.6	10.8
HRG036	.00025650	52.6	46.9	37.2	29.5	26.3	20.9	16.6	13.2
Item#	Unit Weight	c	B	A	G	F	E	D	C
HRG039	.00029700	34.2	30.5	24.2	19.2	15.2	13.6	10.8	8.6
HRG042	.00033400	38.5	34.3	27.2	21.6	17.1	15.3	12.1	9.6
HRG046	.00039810	45.8	40.9	32.4	25.7	20.4	18.2	14.4	11.5
HRG052	.00049500	57.0	50.8	40.3	32.0	25.4	22.6	18.0	14.3
HRG056	.00066700	65.3	58.2	46.2	36.7	29.1	25.9	20.6	16.3

Chromes - Stainless Steel Flat Wound

Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	B
CG020	.00007812	32.1	25.4	20.2	16.0	14.3	11.3	9.0	8.0
CG022	.00009784	-	31.9	25.3	20.1	17.9	14.2	11.3	10.0
CG024	.00011601	-	37.8	30.0	23.8	21.2	16.8	13.4	11.9
CG026	.00013574	-	44.2	35.1	27.9	24.8	19.7	15.6	13.9
Item#	Unit Weight	g	f	e	d	c	B	A	G
CG028	.00014683	38.0	30.1	26.8	21.3	16.9	15.1	12.0	9.5
CG030	.00016958	43.9	34.8	31.0	24.6	19.5	17.4	13.8	11.0
CG032	.00019233	49.7	39.5	35.2	27.9	22.1	19.7	15.7	12.4
CG035	.00024197	62.6	49.7	44.2	35.1	27.9	24.8	19.7	15.6
Item#	Unit Weight	d	c	B	A	G	F	E	D
CG038	.00026520	38.5	30.5	27.2	21.6	17.1	13.6	12.1	9.6
CG040	.00031676	46.0	36.5	32.5	25.8	20.5	16.3	14.5	11.5
CG042	.00034377	49.9	39.6	35.3	28.0	22.2	17.6	15.7	12.5
CG045	.00040393	58.6	46.5	41.5	32.9	26.1	20.7	18.5	14.6
Item#	Unit Weight	A	G	F	E	D	C	B'	A'
CG048	.00043541	35.5	28.1	22.3	19.9	15.8	12.5	11.2	8.9
CG050	.00047042	38.3	30.4	24.1	21.5	17.1	13.5	12.1	9.6
CG052	.00049667	40.5	32.1	25.5	22.7	18.0	14.3	12.7	10.1
CG056	.00059075	48.1	38.2	30.3	27.0	21.4	17.0	15.1	12.0
CG065	.00089364	72.8	57.8	45.8	40.8	32.4	25.7	22.9	18.2

pedal steel guitar

XLS - Stainless Steel Round Wound Pedal Steel

Item#	Unit Weight	g#	g	f#	f	e	d#	d	c#
SPS024	.00011501	30.2	26.9	24.0	21.3	19.0	17.0	15.1	13.4
SPS026	.00013419	35.2	31.4	28.0	24.9	22.2	19.8	17.6	15.7
SPS030	.00018203	47.8	42.6	37.9	33.8	30.1	26.8	23.9	21.3
Item#	Unit Weight	e	d#	d	c#	c	B	A#	A
SPS034	.00022729	37.6	33.5	29.8	26.6	23.7	21.1	18.8	16.7
SPS036	.00025198	41.7	37.1	33.1	29.5	26.2	23.4	20.8	18.6
SPS038	.00027804	46.0	41.0	36.5	32.5	29.0	25.8	23.0	20.5
Item#	Unit Weight	B	A#	A	G#	G	F#	F	E
SPS042	.00033924	31.5	28.0	25.0	22.3	19.8	17.7	15.7	14.0
SPS054	.00056388	52.4	46.6	41.5	37.0	33.0	29.4	26.2	23.3
Item#	Unit Weight	G	F#	F	E	D#	D	C#	C
SPS070	.00092592	54.1	48.2	43.0	38.3	34.1	30.4	27.1	24.1

acoustic guitar

Phosphor Bronze - Round Wound (EXP Coated and Uncoated)

Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	B
PB020	.00008106	-	26.4	21.0	16.6	14.8	11.8	9.3	8.3
PB021	.00008944	-	29.1	23.1	18.4	16.4	13.0	10.3	9.2
PB022	.00009876	40.5	32.2	25.5	20.3	18.1	14.3	11.4	10.1
PB023	.00010801	44.3	35.2	27.9	22.2	19.7	15.7	12.4	11.1
PB024	.00011682	-	38.1	30.2	24.0	21.4	16.9	13.5	12.0
PB025	.00012686	-	41.3	32.8	26.0	23.2	18.4	14.6	13.0
PB026	.00013640	-	44.4	35.3	28.0	24.9	19.8	15.7	14.0
PB027	.00014834	-	-	38.4	30.4	27.1	21.5	17.1	15.2
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	B	A	G	F
PB029	.00017381	35.7	31.8	25.2	20.0	17.8	14.2	11.2	8.9
PB030	.00018660	38.3	34.1	27.1	21.5	19.2	15.2	12.1	9.6
PB032	.00021018	43.1	38.4	30.5	24.2	21.6	17.1	13.6	10.8
PB034	.00023887	-	43.7	34.7	27.5	24.5	19.5	15.4	12.3
PB035	.00025365	52.1	46.4	36.8	29.2	26.0	20.7	16.4	13.0
PB036	.00026830	55.1	49.0	38.9	30.9	27.5	21.9	17.3	13.8
Item#	Unit Weight	c	B	A	G	F	E	D	C
PB039	.00031125	35.8	32.0	25.4	20.1	16.0	14.2	11.3	9.0
PB042	.00036722	42.3	37.7	29.9	23.7	18.8	16.8	13.3	10.6
PB045	.00041751	48.1	42.9	34.0	27.0	21.4	19.1	15.1	12.0
Item#	Unit Weight	A	G	F	E	D	C	B'	A'
PB047	.00045289	36.9	29.3	23.2	20.7	16.4	13.0	11.6	9.2
PB049	.00049151	40.0	31.8	25.2	22.5	17.8	14.2	12.6	10.0
PB052	.00055223	45.0	35.7	28.3	25.2	20.0	15.9	14.2	11.2
PB053	.00056962	46.4	36.8	29.2	26.0	20.7	16.4	14.6	11.6
PB056D	.00063477	51.7	41.0	32.6	29.0	23.0	18.3	16.3	12.9
PB059	.00070535	57.5	45.6	36.2	32.2	25.6	20.3	18.1	14.4
PB060	.00073039	59.5	47.2	37.5	33.4	26.5	21.0	18.7	14.9
PB062	.00077682	63.3	50.2	39.9	35.5	28.2	22.4	19.9	15.8
PB064	.00082780	67.4	53.5	42.5	37.8	30.0	23.8	21.2	16.9
PB066	.00087718	71.4	56.7	45.0	40.1	31.8	25.3	22.5	17.9
PB070	.00096833	78.9	62.6	49.7	44.3	35.1	27.9	24.8	19.7

Flat Tops - Phosphor Bronze Polished

Item#	Unit Weight	a	g	f	e	d	c	B	A
FT023	.00012568	40.9	32.5	25.8	23.0	18.2	14.5	12.9	10.2
FT024	.00013651	44.5	35.3	28.0	25.0	19.8	15.7	14.0	11.1
FT026	.00015894	-	41.1	32.6	29.1	23.1	18.3	16.3	12.9
FT028	.00017209	56.1	44.5	35.3	31.5	25.0	19.8	17.7	14.0
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	B	A	G	F
FT030	.00019785	40.6	36.2	28.7	22.8	20.3	16.1	12.8	10.1
FT032	.00023852	48.9	43.6	34.6	27.5	24.5	19.4	15.4	12.2
FT035	.00027781	-	50.8	40.3	32.0	28.5	22.6	18.0	14.3
FT036	.00029273	60.1	53.5	42.5	33.7	30.1	23.8	18.9	15.0
Item#	Unit Weight	e	B	A	G	F	D	C	E
FT039	.00032904	37.9	33.8	26.8	21.3	16.9	15.0	11.9	9.5
FT042	.00036219	41.7	37.2	29.5	23.4	18.6	16.6	13.1	10.4
FT044	.00041047	47.3	42.1	33.4	26.5	21.1	18.8	14.9	11.8
FT045	.00042603	49.1	43.7	34.7	27.5	21.9	19.5	15.5	12.3
Item#	Unit Weight	A	G	F	D	C	B'	A'	G'
FT047	.00046166	37.6	29.8	23.7	21.1	16.7	13.3	11.8	9.4
FT053	.00055793	45.4	36.1	28.6	25.5	20.2	16.1	14.3	11.4
FT056	.00064108	52.2	41.4	32.9	29.3	23.2	18.5	16.4	13.1

80-20'S- 80/20 Brass Round Wound

Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	B
BW020	.00007862	-	25.6	20.3	16.1	14.4	11.4	9.1	8.1
BW021	.00008684	-	28.3	22.5	17.8	15.9	12.6	10.0	8.9
BW022	.00009600	39.4	31.3	24.8	19.7	17.6	13.9	11.1	9.9
BW023	.00010509	43.1	34.2	27.2	21.6	19.2	15.2	12.1	10.8
BW024	.00011353	-	37.0	29.4	23.3	20.8	16.5	13.1	11.7
BW025	.00012339	-	40.2	31.9	25.3	22.6	17.9	14.2	12.7
BW026	.00013253	-	43.2	34.3	27.2	24.2	19.2	15.3	13.6
BW027	.00014397	-	46.9	37.2	29.5	26.3	20.9	16.6	14.8
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	B	A	G	F
BW029	.00016838	34.6	30.8	24.4	19.4	17.3	13.7	10.9	8.6
BW030	.00018092	37.1	33.1	26.2	20.8	18.6	14.7	11.7	9.3
BW032	.00020352	41.8	37.2	29.5	23.4	20.9	16.6	13.2	10.4
BW034	.00022752	46.7	41.6	33.0	26.2	23.4	18.5	14.7	11.7
BW035	.00024006	49.3	43.9	34.8	27.6	24.6	19.6	15.5	12.3
BW036	.00025417	52.2	46.5	36.9	29.3	26.1	20.7	16.4	13.0
Item#	Unit Weight	e	B	A	G	F	D	C	E
BW039	.00030063	34.6	30.9	24.5	19.4	15.4	13.7	10.9	8.7
BW042	.00034808	40.1	35.7	28.4	22.5	17.9	15.9	12.6	10.0
BW045	.00040245	46.3	41.3	32.8	26.0	20.6	18.4	14.6	11.6
Item#	Unit Weight	A	G	F	D	C	B'	A'	G'
BW047	.00043634	35.5	28.2	22.4	19.9	15.8	12.6	11.2	8.9
BW049	.00047368	38.6	30.6	24.3	21.6	17.2	13.6	12.1	9.6
BW052	.00053224	43.4	34.4	27.3	24.3	19.3	15.3	13.6	10.8
BW053	.00054852	44.7	35.5	28.1	25.1	19.9	15.8	14.1	11.2
BW056	.00061132	49.8	39.5	31.4	27.9	22.2	17.6	15.7	12.4
BW059	.00068005	55.4	44.0	34.9	31.1	24.7	19.6	17.4	13.8



Great American Bronze - 85/15 Brass Round Wound

Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	B
ZW022	.00009802	40.2	31.9	25.3	20.1	17.9	14.2	11.3	10.1
ZW024	.00011594	-	37.8	30.0	23.8	21.2	16.8	13.4	11.9
ZW025	.00012592	-	41.0	32.6	25.8	23.0	18.3	14.5	12.9
ZW026	.00013536	-	44.1	35.0	27.8	24.7	19.6	15.6	13.9
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	B	A	G	F
ZW030	.00018507	38.0	33.8	26.8	21.3	19.0	15.1	12.0	9.5
ZW032	.00020839	42.8	38.1	30.2	24.0	21.4	17.0	13.5	10.7
ZW034	.00023316	47.8	42.6	33.8	26.9	23.9	19.0	15.1	12.0
ZW035	.00024610	50.5	45.0	35.7	28.3	25.3	20.0	15.9	12.6
ZW036	.00026045	53.4	47.6	37.8	30.0	26.7	21.2	16.8	13.4
Item#	Unit Weight	e	B	A	G	F	D	C	E
ZW040	.00032631	37.6	33.5	26.6	21.1	16.7	14.9	11.8	9.4
ZW042	.00035735	41.2	36.7	29.1	23.1	18.3	16.3	13.0	10.3
ZW044	.00038985	44.9	40.0	31.8	25.2	20.0	17.8	14.1	11.2
ZW045	.00040665	46.8	41.7	33.1	26.3	20.9	18.6	14.7	11.7
ZW046	.00042565	49.0	43.7	34.7	27.5	21.8	19.5	15.4	12.3
Item#	Unit Weight	A	G	F	D	C	B'	A'	G'
ZW050	.00050824	41.4	32.9	26.1	23.2	18.4	14.6	13.0	10.3
ZW052	.00054686	44.5	35.4	28.1	25.0	19.8	15.7	14.0	11.1
ZW054	.00058694	47.8	37.9	30.1	26.8	21.3	16.9	15.0	12.0
ZW056	.00062847	51.2	40.6	32.2	28.7	22.8	18.1	16.1	12.8

classical guitar

Pro-Arté - Laser Select Clear Nylon (EXP Coated and Uncoated)

Item#	Unit Weight	f'	e'	d'	c'	b	a	g	f
14301	.00002024	16.6	14.8	11.8	9.3	8.3	6.6	5.2	4.2
14302	.00002729	22.4	20.0	15.8	12.6	11.2	8.9	7.1	5.6
14303	.00004525	37.1	33.1	26.3	20.8	18.6	14.7	11.7	9.3
14401/EXP	.00002243	18.4	16.4	13.0	10.3	9.2	7.3	5.8	4.6
14402/EXP	.00003046	25.0	22.3	17.7	14.0	12.5	9.9	7.9	6.3
14403/EXP	.00004989	40.9	36.5	29.0	23.0	20.5	16.3	12.9	10.2
14501/EXP	.00002092	17.2	15.3	12.1	9.6	8.6	6.8	5.4	4.3
14502/EXP	.00002827	23.2	20.7	16.4	13.0	11.6	9.2	7.3	5.8
14503/EXP	.00004679	38.4	34.2	27.2	21.6	19.2	15.2	12.1	9.6
14601/EXP	.00002161	17.7	15.8	12.5	10.0	8.9	7.0	5.6	4.4
14602/EXP	.00002924	24.0	21.4	17.0	13.5	12.0	9.5	7.6	6.0
14603/EXP	.00004795	39.4	35.1	27.8	22.1	19.7	15.6	12.4	9.8
14701	.00002092	17.2	15.3	12.1	9.6	8.6	6.8	5.4	4.3
14702	.00002827	23.2	20.7	16.4	13.0	11.6	9.2	7.3	5.8
14703	.00004679	38.4	34.2	27.2	21.6	19.2	15.2	12.1	9.6
14801	.00002161	17.7	15.8	12.5	10.0	8.9	7.0	5.6	4.4
14802	.00002924	24.0	21.4	17.0	13.5	12.0	9.5	7.6	6.0
14803	.00004795	39.4	35.1	27.8	22.1	19.7	15.6	12.4	9.8
15101	.00002161	17.7	15.8	12.5	10.0	8.9	7.0	5.6	4.4
15102	.00002924	24.0	21.4	17.0	13.5	12.0	9.5	7.6	6.0
15103	.00004795	39.4	35.1	27.8	22.1	19.7	15.6	12.4	9.8

Pro-Arté - Laser Select Black Nylon

14901	.00002092	17.2	15.3	12.1	9.6	8.6	6.8	5.4	4.3
14902	.00002827	23.2	20.7	16.4	13.0	11.6	9.2	7.3	5.8
14903	.00004679	38.4	34.2	27.2	21.6	19.2	15.2	12.1	9.6
15001	.00002161	17.7	15.8	12.5	10.0	8.9	7.0	5.6	4.4
15002	.00002924	24.0	21.4	17.0	13.5	12.0	9.5	7.6	6.0
15003	.00004795	39.4	35.1	27.8	22.1	19.7	15.6	12.4	9.8

Pro-Arté - Silverplated Wound

Item#	Unit Weight	d	c	B	A	G	F	E	D
J4304	.00010203	14.8	11.7	10.5	8.3	6.6	5.2	4.7	3.7
J4305	.00015347	-	17.7	15.8	12.5	9.9	7.9	7.0	5.6
J4306	.00028881	-	-	-	23.5	18.7	14.8	13.2	10.5
J4404	.00011237	16.3	12.9	11.5	9.2	7.3	5.8	5.1	4.1
J4405	.00019521	-	-	20.0	15.9	12.6	10.0	8.9	7.1
J4406	.00034351	-	-	-	-	-	17.6	15.7	12.5
J4504	.00010754	15.6	12.4	11.0	8.8	7.0	5.5	4.9	3.9
J4505	.00018416	-	-	18.9	15.0	11.9	9.4	8.4	6.7
J4506	.00030632	-	-	-	-	19.8	15.7	14.0	11.1
J4604	.00011237	16.3	12.9	11.5	9.2	7.3	5.8	5.1	4.1
J4605	.00019521	-	-	20.0	15.9	12.6	10.0	8.9	7.1
J4606	.00031726	-	-	-	-	20.5	16.3	14.5	11.5
J4904	.00010754	15.6	12.4	11.0	8.8	7.0	5.5	4.9	3.9
J4905	.00018416	-	-	18.9	15.0	11.9	9.4	8.4	6.7
J4906	.00030632	-	-	-	-	19.8	15.7	14.0	11.1
J5004	.00011237	16.3	12.9	11.5	9.2	7.3	5.8	5.1	4.1
J5005	.00019521	-	-	20.0	15.9	12.6	10.0	8.9	7.1
J5006	.00031726	-	-	-	-	20.5	16.3	14.5	11.5

Pro-Arté - Flat Silverplated Copper Wound

J5104	.00013029	18.9	15.0	13.4	10.6	8.4	6.7	6.0	4.7
J5105	.00020135	-	-	20.7	16.4	13.0	10.3	9.2	7.3
J5106	.00035008	-	-	-	-	-	18.0	16.0	12.7

Pro-Arté - 80/20 Brass Wound

J4704	.00010616	15.4	12.2	10.9	8.6	6.9	5.4	4.9	3.8
J4705	.00017311	-	19.9	17.8	14.1	11.2	8.9	7.9	6.3
J4706	.00029100	-	-	-	-	18.8	14.9	13.3	10.6
J4804	.00011237	16.3	12.9	11.5	9.2	7.3	5.8	5.1	4.1
J4805	.00018171	-	-	18.7	14.8	11.7	9.3	8.3	6.6
J4806	.00030632	-	-	-	-	19.8	15.7	14.0	11.1

Pro-Arté Composite - Trebles

Item#	Unit Weight	L	e	d	c	b	a	g	f
J4403C	.00005298	43.5	38.7	30.8	24.4	21.7	17.3	13.7	10.9
J4503C	.00004795	39.4	35.1	27.8	22.1	19.7	15.6	12.4	9.8
J4603C	.00005066	41.6	37.0	29.4	23.3	20.8	16.5	13.1	10.4

Pro-Arté Composite - Silverplated Copper Wound

Item#	Unit Weight	d	c	B	A	G	F	E	D
J4404C	.00011581	16.8	13.3	11.9	9.4	7.5	5.9	5.3	4.2
J4405C	.00020381	-	23.5	20.9	16.6	13.2	10.5	9.3	7.4
J4406C	.00036758	-	-	-	-	23.8	18.9	16.8	13.3
J4504C	.00009858	14.3	11.4	10.1	8.0	6.4	5.1	4.5	3.6
J4505C	.00017925	-	20.6	18.4	14.6	11.6	9.2	8.2	6.5
J4506C	.00033257	-	-	-	-	21.5	17.1	15.2	12.1
J4604C	.00011030	16.0	12.7	11.3	9.0	7.1	5.7	5.0	4.0
J4605C	.00020381	-	23.5	20.9	16.6	13.2	10.5	9.3	7.4
J4606C	.00035226	-	-	-	-	22.8	18.1	16.1	12.8

Pro-Arté Composite - Silverplated Copper Wound & Lightly Polished

J4504LP	.00009582	13.9	11.0	9.8	7.8	6.2	4.9	4.4	3.5
J4505LP	.00017066	-	19.7	17.5	13.9	11.0	8.8	7.8	6.2
J4506LP	.00031288	-	-	-	-	20.2	16.1	14.3	11.3
J4604LP	.00011168	16.2	12.9	11.5	9.1	7.2	5.7	5.1	4.1
J4605LP	.00019890	-	22.9	20.4	16.2	12.9	10.2	9.1	7.2
J4606LP	.00033914	-	-	-	-	21.9	17.4	15.5	12.3

D'Addario Classic - Rectified Clear Nylon

Item#	Unit Weight	L	e	d	c	b	a	g	f
J2801	.00002065	16.9	15.1	12.0	9.5	8.5	6.7	5.3	4.2
J2802	.00002900	23.8	21.2	16.8	13.4	11.9	9.4	7.5	6.0
J2803	.00004602	37.8	33.7	26.7	21.2	18.9	15.0	11.9	9.4
J2901	.00001928	15.8	14.1	11.2	8.9	7.9	6.3	5.0	4.0
J2902	.00002803	23.0	20.5	16.3	12.9	11.5	9.1	7.2	5.8
J2903	.00004486	36.8	32.8	26.0	20.7	18.4	14.6	11.6	9.2
J3001	.00002065	16.9	15.1	12.0	9.5	8.5	6.7	5.3	4.2
J3002	.00002900	23.8	21.2	16.8	13.4	11.9	9.4	7.5	6.0
J3003	.00004602	37.8	33.7	26.7	21.2	18.9	15.0	11.9	9.4
J3101	.00002284	18.7	16.7	13.3	10.5	9.4	7.4	5.9	4.7
J3102	.00003022	24.8	22.1	17.5	13.9	12.4	9.8	7.8	6.2
J3103	.00004989	40.9	36.5	29.0	23.0	20.5	16.3	12.9	10.2

D'Addario Classic - Flat Sterling Silver Wound

Item#	Unit Weight	d	c	B	A	G	F	E	D
J2804	.00011030	16.0	12.7	11.3	9.0	7.1	5.7	5.0	4.0
J2805	.00021363	-	-	-	17.4	13.8	11.0	9.8	7.7
J2806	.00031726	-	-	-	-	20.5	16.3	14.5	11.5

D'Addario Classic - Silverplated Copper Wound

J2904	.00010203	14.8	11.7	10.5	8.3	6.6	5.2	4.7	3.7
J2905	.00015347	-	17.7	15.8	12.5	9.9	7.9	7.0	5.6
J2906	.00028881	-	-	-	-	18.7	14.8	13.2	10.5
J3004	.00010616	15.4	12.2	10.9	8.6	6.9	5.4	4.9	3.8
J3005	.00018416	-	-	18.9	15.0	11.9	9.4	8.4	6.7
J3006	.00030194	-	-	-	-	19.5	15.5	13.8	11.0
J3104	.00011512	16.7	13.3	11.8	9.4	7.4	5.9	5.3	4.2
J3105	.00019153	-	-	19.7	15.6	12.4	9.8	8.8	6.9
J3106	.00031726	-	-	-	-	20.5	16.3	14.5	11.5

Rectified Clear Nylon

Item#	Unit Weight	e	L	d	c	b	a	g	f
NYL018	.00000816	9.5	7.5	6.7	5.3	4.2	3.8	3.0	2.4
NYL019	.00001020	10.6	8.4	7.5	5.9	4.7	4.2	3.3	2.6
NYL020	.00001130	11.7	9.3	8.3	6.6	5.2	4.6	3.7	2.9
NYL021	.00001246	12.9	10.2	9.1	7.2	5.7	5.1	4.1	3.2
NYL022	.00001368	14.1	11.2	10.0	7.9	6.3	5.6	4.5	3.5
NYL024	.00001628	16.8	13.4	11.9	9.5	7.5	6.7	5.3	4.2
NYL027	.00002060	21.3	16.9	15.1	12.0	9.5	8.5	6.7	5.3
NYL028	.00002216	22.9	18.2	16.2	12.9	10.2	9.1	7.2	5.7
NYL029	.00002377	24.6	19.5	17.4	13.8	10.9	9.8	7.7	6.1
NYL030	.00002543	26.3	20.9	18.6	14.8	11.7	10.4	8.3	6.6
NYL031	.00002716	28.1	22.3	19.9	15.8	12.5	11.1	8.8	7.0
NYL032	.00002894	29.9	23.8	21.2	16.8	13.3	11.9	9.4	7.5
NYL033	.00003078	22.5	17.9	14.2	12.6	10.0	8.0	6.3	5.6
NYL034	.00003267	23.9	19.0	15.0	13.4	10.6	8.4	6.7	6.0
NYL038	.00004081	29.8	23.7	18.8	16.7	13.3	10.6	8.4	7.5
NYL039	.00004298	31.4	25.0	19.8	17.6	14.0	11.1	8.8	7.9
NYL040	.00004522	33.1	26.3	20.8	18.6	14.7	11.7	9.3	8.3
NYL041	.00004751	34.7	27.6	21.9	19.5	15.5	12.3	9.7	8.7

Silverplated Copper Wound on Nylon

Item#	Unit Weight	g	f	e	d	c	B	A	G
NYL019W	.00005341	-	11.0	9.8	7.7	6.2	5.5	4.4	3.5
NYL020W	.00005341	-	11.0	9.8	7.7	6.2	5.5	4.4	3.5
NYL022W	.00006498	-	-	11.9	9.4	7.5	6.7	5.3	4.2
NYL024W	.00007408	-	15.2	13.5	10.7	8.5	7.6	6.0	4.8
NYL025W	.00007023	18.2	14.4	12.8	10.2	8.1	7.2	5.7	4.5
NYL026W	.00009438	-	-	17.3	13.7	10.9	9.7	7.7	6.1
NYL028W	.00010511	-	21.6	19.2	15.2	12.1	10.8	8.6	6.8
NYL029W	.00011667	-	-	21.3	16.9	13.4	12.0	9.5	7.5
NYL030W	.00012419	-	-	22.7	18.0	14.3	12.8	10.1	8.0
NYL031W	.00012821	-	26.3	23.4	18.6	14.8	13.2	10.4	8.3
Item#	Unit Weight	d	c	B	A	G	F	E	D
NYL033W	.00017913	-	20.6	18.4	14.6	11.6	9.2	8.2	6.5
NYL034W	.00019270	-	-	19.8	15.7	12.5	9.9	8.8	7.0
NYL035W	.00020667	-	-	-	16.8	13.4	10.6	9.4	7.5
NYL036W	.00022105	-	-	-	18.0	14.3	11.3	10.1	8.0
Item#	Unit Weight	A	G	F	E	D	C	B	A
NYL040W	.00028260	-	18.3	14.5	12.9	10.2	8.1	7.2	5.8
NYL041W	.00028319	23.1	18.3	14.5	12.9	10.3	8.2	7.3	5.8
NYL042W	.00030466	24.8	19.7	15.6	13.9	11.0	8.8	7.8	6.2
NYL043W	.00033302	-	-	17.1	15.2	12.1	9.6	8.5	6.8
NYL045W	.00036470	-	-	18.7	16.7	13.2	10.5	9.3	7.4
NYL048W	.00041400	-	-	21.2	18.9	15.0	11.9	10.6	8.4
NYL050W	.00045369	-	-	23.3	20.7	16.5	13.1	11.6	9.2
NYL052W	.00049500	-	-	25.4	22.6	18.0	14.3	12.7	10.1
NYL054W	.00053793	-	-	-	24.6	19.5	15.5	13.8	11.0
NYL056W	.00059624	-	-	-	-	21.6	17.2	15.3	12.1

FOLK GUITAR

Black Nylon - Ball End

Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
BEB028	.00002161	17.7	15.8	12.5	10.0	8.9	7.0	5.6	4.4
BEB032	.00002778	22.8	20.3	16.1	12.8	11.4	9.1	7.2	5.7
BEB040	.00004873	40.0	35.6	28.3	22.4	20.0	15.9	12.6	10.0

Clear Nylon - Ball End

Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
BEC028	.00002133	17.5	15.6	12.4	9.8	8.8	7.0	5.5	4.4
BEC032	.00002754	22.6	20.1	16.0	12.7	11.3	9.0	7.1	5.7
BEC040	.00004447	36.5	32.5	25.8	20.5	18.2	14.5	11.5	9.1

80/20 Brass Wound on Nylon - Ball End

Item#	Unit Weight	e	d	c	B	A	G	F	E
BEB031W	.00011650	21.3	16.9	13.4	12.0	9.5	7.5	6.0	5.3
BEB037W	.00018785	-	-	21.6	19.3	15.3	12.1	9.6	8.6
BEB045W	.00030850	-	-	-	-	25.1	19.9	15.8	14.1

Silverplated Copper Wound on Nylon - Ball End

Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
BES031W	.00012271	22.4	17.8	14.1	12.6	10.0	7.9	6.3	5.6
BES037W	.00020258	-	-	23.3	20.8	16.5	13.1	10.4	9.3
BES045W	.00033257	-	-	-	-	-	21.5	17.1	15.2

ELECTRIC BASS GUITAR

XL - Nickelplated Round Wound Guitar/Bass

Item#	Unit Weight	f	e	d	c	B	A	G	F
NWB024	.00009959	28.3	25.2	20.0	15.9	14.2	11.2	8.9	7.1
NWB034	.00019915	-	50.4	40.0	31.7	28.3	22.5	17.8	14.1
NWB044	.00033751	-	-	67.8	53.8	48.0	38.0	30.2	24.0
Item#	Unit Weight	F	D	C	B	A	G	F	E
NWB056	.00053791	34.0	27.0	21.4	19.1	15.2	12.0	9.6	8.5
NWB072 & F6	.00092253	58.4	46.3	36.8	32.7	26.0	20.6	16.4	14.6
NWB084 & F6	.00126465	80.0	63.5	50.4	44.9	35.6	28.3	22.5	20.0

XL - Nickelplated Round Wound

Long Scale

Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	B
XLB018P	.00007265	53.0	42.1	33.4	26.5	23.6	18.7	14.9	13.3
XLB020P	.00009093	66.3	52.7	41.8	33.2	29.6	23.4	18.6	16.6
XLB028W	.00015433	-	-	-	-	-	39.8	31.6	28.2
Item#	Unit Weight	c	B	A	G	F	E	D	C
XLB042	.00032252	66.0	58.9	46.7	37.1	29.4	26.2	20.8	16.5
XLB052	.00051322	-	-	-	59.0	46.8	41.7	33.1	26.3
Item#	Unit Weight	d	c	B	A	G	F	E	D
XLB032	.00019000	49.0	38.9	34.7	27.5	21.8	17.3	15.4	12.2
XLB035	.00022362	57.7	45.8	40.8	32.4	25.7	20.4	18.2	14.4
XLB040	.00029322	-	-	53.5	42.5	33.7	26.7	23.8	18.9
XLB045	.00037240	-	-	68.0	53.9	42.8	34.0	30.3	24.0
XLB050	.00046463	-	-	84.8	67.3	53.4	42.4	37.8	30.0
Item#	Unit Weight	F	E	D	C	B	A	G	F
XLB055	.00054816	50.0	44.5	35.3	28.1	25.0	19.8	15.7	12.5
XLB060	.00066540	60.7	54.1	42.9	34.1	30.3	24.1	19.1	15.2
XLB065	.00079569	72.6	64.7	51.3	40.7	36.2	28.8	22.9	18.2
XLB070	.00093218	85.0	75.7	60.1	47.7	42.5	33.7	26.8	21.3
XLB075	.00104973	95.7	85.3	67.7	53.7	47.8	38.0	30.2	24.0
XLB080	.00116023	105.8	94.3	74.8	59.4	52.9	42.0	33.3	26.5
XLB085	.00133702	121.9	108.6	86.2	68.4	60.9	48.4	38.4	30.6
Item#	Unit Weight	A	G	F	E	D	C	B	A
XLB090	.00150277	54.4	43.2	34.3	30.5	24.2	19.2	17.2	13.6
XLB095	.00169349	61.3	48.7	38.7	34.4	27.3	21.7	19.4	15.3
XLB100	.00179687	65.0	51.6	41.1	36.5	29.0	23.0	20.5	16.3
XLB105	.00198395	71.8	57.0	45.3	40.3	32.0	25.4	22.7	18.0
XLB110	.00227440	82.3	65.3	52.0	46.2	36.7	29.1	26.0	20.6
XLB120	.00250280	90.6	71.9	57.2	50.8	40.3	32.0	28.6	22.7
XLB125	.00274810	99.5	79.0	62.8	55.8	44.3	35.2	31.4	24.9
XLB130	.00301941	109.3	86.8	69.0	61.3	48.7	38.6	34.5	27.3
XLB135	.00315944	114.4	90.8	72.2	64.2	50.9	40.4	36.1	28.6
XLB145	.00363204	131.5	104.4	83.0	73.8	58.5	46.5	41.5	32.9
XLB120I	.00250280	90.6	71.9	57.2	50.8	40.3	32.0	28.6	22.7
XLB125I	.00274810	99.5	79.0	62.8	55.8	44.3	35.2	31.4	24.9
XLB130I	.00301941	109.3	86.8	69.0	61.3	48.7	38.6	34.5	27.3
XLB135I	.00315944	114.4	90.8	72.2	64.2	50.9	40.4	36.1	28.6
XLB145I	.00363204	131.5	104.4	83.0	73.8	58.5	46.5	41.5	32.9

Short Scale

Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B
XB045S	.00037240	52.9	42.0	33.3	26.4	23.6	18.7	14.8	13.2
XB050S	.00049956	71.0	56.3	44.7	35.5	31.6	25.1	19.9	17.7
XB065S	.00079569	-	89.7	71.2	56.5	50.3	39.9	31.7	28.2
XB070S	.00106585	-	-	95.4	75.7	67.4	53.5	42.5	37.8

XL - Nickelplated Round Wound (cont.)

Item#	Unit Weight	C	B'	A'	G'	F'	E'	D'	C'
XB080S	.00116023	46.2	41.2	32.7	26.0	20.6	18.3	14.6	11.6
XB085S	.00145122	57.8	51.5	40.9	32.5	25.8	23.0	18.2	14.5
XB100S	.00179687	71.6	63.7	50.6	40.2	32.0	28.4	22.5	17.9
XB105S	.00214990	85.7	76.3	60.6	48.1	38.3	34.0	27.0	21.4
Medium Scale									
Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B'
XB040M	.00029322	47.4	37.6	29.9	23.7	21.1	16.7	13.3	11.8
XB045M	.00037240	60.2	47.8	37.9	30.1	26.8	21.3	16.9	15.0
XB050M	.00046463	75.1	59.6	47.3	37.5	33.4	26.5	21.1	18.8
XB060M	.00066713	-	85.6	67.9	53.9	48.0	38.1	30.2	26.9
XB065M	.00079569	-	-	81.0	64.3	57.3	45.4	36.1	32.1
XB070M	.00093218	-	-	94.9	75.3	67.1	53.2	42.3	37.6
Item#									
Unit Weight	C	B'	A'	G'	F'	E'	D'	C'	
XB075M	.00105407	47.8	42.5	33.8	26.8	21.3	19.0	15.0	11.9
XB080M	.00116023	52.6	46.8	37.2	29.5	23.5	20.9	16.6	13.2
XB085M	.00127548	57.8	51.5	40.9	32.5	25.8	23.0	18.2	14.5
XB095M	.00167838	76.1	67.7	53.8	42.7	34.0	30.2	24.0	19.0
XB100M	.00179687	81.5	72.5	57.6	45.7	36.4	32.3	25.7	20.4
XB105M	.00198395	90.0	80.1	63.6	50.5	40.2	35.7	28.3	22.5

Superlong Scale

Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B'
XB040SL	.00029322	-	47.6	37.8	30.0	26.7	21.2	16.8	15.0
XB045SL	.00037240	-	60.5	48.0	38.1	33.9	26.9	21.4	19.0
XB050SL	.00046463	-	75.4	59.9	47.5	42.3	33.6	26.7	23.7
XB060SL	.00066540	-	-	85.7	68.0	60.6	48.1	38.2	34.0
XB065SL	.00079569	-	-	-	81.4	72.5	57.5	45.7	40.6
XB070SL	.00093218	-	-	-	95.3	84.9	67.4	53.5	47.6
Item#									
Unit Weight	C	B'	A'	G'	F'	E'	D'	C'	
XB075SL	.00104973	60.2	53.6	42.6	33.8	26.9	23.9	19.0	15.1
XB080SL	.00116023	66.6	59.3	47.1	37.4	29.7	26.4	21.0	16.6
XB085SL	.00133702	76.7	68.3	54.3	43.1	34.3	30.4	24.2	19.2
XB090SL	.00150177	86.2	76.7	60.9	48.4	38.5	34.2	27.1	21.5
XB095SL	.00169349	97.2	86.5	68.7	54.6	43.4	38.6	30.6	24.3
XB100SL	.00179687	103.1	91.8	72.9	57.9	46.0	40.9	32.5	25.8
XB105SL	.00198395	113.8	101.3	80.5	63.9	50.8	45.2	35.9	28.5
XB110SL	.00227461	130.5	116.2	92.3	73.3	58.3	51.8	41.1	32.6
Item#									
Unit Weight	A'	G'	F'	E'	D'	C'	B''	A''	
XB125SL	.00274810	111.5	88.5	70.4	62.6	49.7	39.4	35.2	27.9
XB130SL	.00301941	122.5	97.3	77.4	68.8	54.6	43.3	38.7	30.6
XB145SL	.00363204	147.4	117.0	93.1	82.7	65.6	52.1	46.5	36.9
XB125TSL	.00274810	111.5	88.5	70.4	62.6	49.7	39.4	35.2	27.9
XB130TSL	.00301941	122.5	97.3	77.4	68.8	54.6	43.3	38.7	30.6
XB145TSL	.00363204	147.4	117.0	93.1	82.7	65.6	52.1	46.5	36.9

XL - Nickelplated Round Wound Steinberger

Long Scale

Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B'
SL045	.00037240	68.0	53.9	42.8	34.0	30.3	24.0	19.1	17.0
SL050	.00046463	84.8	67.3	53.4	42.4	37.8	30.0	23.8	21.2
SL065	.00079569	-	-	-	72.6	64.7	51.3	40.7	36.2
SL070	.00093218	-	-	-	85.0	75.7	60.1	47.7	42.5
Item#									
Unit Weight	C	B'	A'	G'	F'	E'	D'	C'	
SL080	.00116023	59.4	52.9	42.0	33.3	26.5	23.6	18.7	14.8
SL085	.00133702	68.4	60.9	48.4	38.4	30.6	27.2	21.6	17.1
SL100	.00179687	92.0	81.9	65.0	51.6	41.1	36.5	29.0	23.0
SL105	.00198395	101.5	90.4	71.8	57.0	45.3	40.3	32.0	25.4

XL - Nickelplated Round Wound Steinberger (cont.)

Item#	Unit Weight	A'	G'	F'	E'	D'	C'	B''	A''
SL130	.00301941	109.3	86.8	69.0	61.3	48.7	38.6	34.5	27.3

Half Round - Pure Nickel Half Round

Long Scale

Item#	Unit Weight	d	c	B	A	G	F	E	D
NHR030	.00019977	51.5	40.9	36.5	28.9	23.0	18.2	16.2	12.9
NHR040	.00031672	-	64.8	57.8	45.9	36.4	28.9	25.7	20.4
NHR045	.00039328	-	80.5	71.8	56.9	45.2	35.9	32.0	25.4
NHR050	.00046898	-	96.0	85.6	67.9	53.9	42.8	38.1	30.2
Item#									
Unit Weight	F	E	D	B'	A'	G'	C'		
NHR055	.00058122	53.0	47.2	37.5	29.7	26.5	21.0	16.7	13.3
NHR060	.00070573	64.4	57.3	45.5	36.1	32.2	25.5	20.3	16.4
NHR065	.00080500	73.4	65.4	51.9	41.2	36.7	29.1	23.1	18.1
NHR070	.00096476	88.0	78.4	62.2	49.4	44.0	34.9	27.7	22.0
NHR075	.00103455	94.4	84.1	66.7	53.0	47.1	37.5	29.7	23.6
NHR080	.00118785	108.3	96.5	76.6	60.8	54.1	43.0	34.1	27.1
NHR085	.00138122	126.0	112.2	89.1	70.7	62.9	50.0	39.7	31.6
Item#									
Unit Weight	A'	G'	F'	E'	D'	C'	B''	A''	
NHR090	.00140885	51.0	40.5	32.2	28.6	22.7	18.0	16.1	12.8
NHR095	.00166888	60.4	48.0	38.1	33.9	26.9	21.4	19.1	15.1
NHR100	.00185103	67.0	53.2	42.3	37.6	29.8	23.7	21.2	16.8
NHR105	.00205287	74.3	59.0	46.9	41.7	33.1	26.3	23.5	18.6
NHR110	.00220548	79.8	63.4	50.4	44.8	35.5	28.2	25.2	20.0
NHR130	.00301941	109.3	86.8	69.0	61.3	48.7	38.6	34.5	27.3

Short Scale

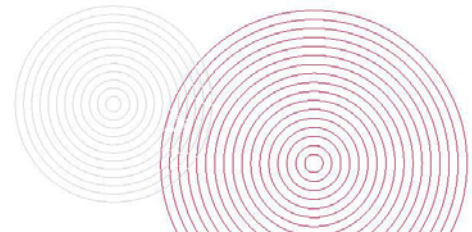
Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B'
NHR045S	.00039328	55.9	44.3	35.2	27.9	24.9	19.7	15.7	13.9
NHR065S	.00080500	-	90.7	72.0	57.2	50.9	40.4	32.1	28.6
Item#									
Unit Weight	C	B'	A'	G'	F'	E'	D'	C'	
NHR080S	.00118785	47.3	42.1	33.5	26.6	21.1	18.8	14.9	11.8
NHR100S	.00185103	73.8	65.7	52.2	41.4	32.9	29.3	23.2	18.4

Medium Scale

Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B'
NHR045M	.00039328	63.6	50.4	40.0	31.8	28.3	22.5	17.8	15.9
NHR065M	.00080500	-	-	82.0	65.0	57.9	46.0	36.5	32.5
Item#									
Unit Weight	C	B'	A'	G'	F'	E'	D'	C'	
NHR080M	.00118785	53.9	47.9	38.1	30.2	24.0	21.4	17.0	13.5
NHR100M	.00185103	83.9	74.7	59.4	47.1	37.5	33.3	26.4	21.0

Superlong Scale

Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B'
NHR045SL	.00039328	80.5	63.8	50.7	40.2	35.8	28.4	22.6	20.1
NHR065SL	.00080500	-	-	-	82.3	73.3	58.2	46.2	41.1
Item#									
Unit Weight	C	B'	A'	G'	F'	E'	D'	C'	
NHR080SL	.00118785	68.2	60.7	48.2	38.3	30.4	27.1	21.5	17.0
NHR100SL	.00185103	106.2	94.5	75.1	59.6	47.4	42.2	33.4	26.6
Item#									
Unit Weight	A'	G'	F'	E'	D'	C'	B''	A''	
NHR130SL	.00301941	122.5	97.3	77.4	68.8	54.6	43.3	38.7	30.6



Chromes - Stainless Steel Flat Wound

Long Scale

Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B'
CB040	.00032716	59.7	47.4	37.6	29.8	26.6	21.1	16.7	14.9
CB045	.00039763	72.6	57.6	45.7	36.3	32.3	25.6	20.4	18.1
CB050	.00047855	87.3	69.3	55.0	43.6	38.9	30.9	24.5	21.8
CB055	.00056769	103.6	82.2	65.2	51.8	46.1	36.6	29.1	25.9
CB060	.00070108	-	101.5	80.6	63.9	57.0	45.2	35.9	31.9
CB065	.00080655	-	-	92.7	73.6	65.5	52.0	41.3	36.7
CB070	.00093374	-	-	107.3	85.2	75.9	60.2	47.8	42.5
CB075	.00100553	51.5	45.8	36.4	28.9	23.0	20.4	16.2	12.9
CB080	.00120719	61.8	55.0	43.7	34.7	27.6	24.5	19.5	15.4
CB085	.00138675	71.0	63.2	50.2	39.8	31.7	28.2	22.4	17.7
CB090	.00148896	76.2	67.8	53.9	42.8	34.0	30.2	24.0	19.1
CB095	.00173288	88.7	78.9	62.7	49.8	39.6	35.2	27.9	22.2
CB100	.00189041	96.8	86.1	68.4	54.3	43.2	38.4	30.5	24.2
CB105	.00204302	104.6	93.1	74.0	58.7	46.7	41.5	32.9	26.1
CB110	.00226455	115.9	103.2	82.0	65.1	51.8	46.0	36.5	29.0
CB132	.00314193	113.7	90.3	71.8	63.8	50.6	40.2	35.9	28.4

Superlong Scale

Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B'
CB040SL	.00032716	66.9	53.1	42.2	33.5	29.8	23.6	18.8	16.7
CB045SL	.00039763	81.4	64.6	51.2	40.7	36.2	28.7	22.8	20.3
CB060SL	.00070108	-	113.8	90.3	71.7	63.9	50.7	40.2	35.8
CB065SL	.00080655	-	-	103.9	82.5	73.5	58.3	46.3	41.2
CB075SL	.00100553	57.7	51.4	40.8	32.4	25.8	22.9	18.2	14.4
CB080SL	.00120719	69.3	61.7	49.0	38.9	30.9	27.5	21.8	17.3
CB095SL	.00173288	99.4	88.5	70.3	55.8	44.4	39.5	31.3	24.9
CB100SL	.00189041	108.5	96.6	76.7	60.9	48.4	43.1	34.2	27.1
CB132SL	.00314193	127.5	101.2	80.5	71.6	56.8	45.1	40.2	31.9

ProSteels - ProSteel Round Wound

Long Scale

Item#	Unit Weight	d	c	B	A	G	F	E	D
PSB032	.00020465	52.8	41.9	37.4	29.6	23.5	18.7	16.6	13.2
PSB040	.00029409	-	-	53.7	42.6	33.8	26.8	23.9	19.0
PSB045	.00036457	-	-	66.5	52.8	41.9	33.2	29.6	23.5
PSB050	.00042635	-	87.3	77.8	61.7	49.0	38.9	34.6	27.5
PSB055	.00058296	-	-	84.4	67.0	53.2	47.4	37.6	-
PSB060	.00067781	61.8	55.1	43.7	34.7	30.9	24.5	19.5	15.5
PSB065	.00073365	66.9	59.6	47.3	37.6	33.4	26.6	21.1	16.8
PSB070	.00087014	79.4	70.7	56.1	44.5	39.6	31.5	25.0	19.9
PSB075	.00095857	87.4	77.9	61.8	49.1	43.7	34.7	27.5	21.9
PSB080	.00111879	102.0	90.9	72.1	57.3	51.0	40.5	32.1	25.6
PSB085	.00124034	113.1	100.8	80.0	63.5	56.5	44.9	35.6	28.3
PSB090	.00151382	54.8	43.5	34.6	30.8	24.4	19.4	17.3	13.7
PSB095	.00156550	56.7	45.0	35.8	31.8	25.2	20.0	17.9	14.2

ProSteels - ProSteel Round Wound (Cont.)

Item#	Unit Weight	A'	G'	F'	E'	D'	C'	B''	A''
PSB100	.00169349	61.3	48.7	38.7	34.4	27.3	21.7	19.4	15.3
PSB105	.00183626	66.5	52.8	42.0	37.3	29.6	23.5	21.0	16.6
PSB110	.00218579	79.1	62.8	50.0	44.4	35.2	28.0	25.0	19.8
PSB125	.00263432	95.4	75.7	60.2	53.5	42.5	33.7	30.1	23.8
PSB130	.00277435	100.4	79.7	63.4	56.4	44.7	35.5	31.7	25.1
PSB145	.00327321	118.5	94.0	74.8	66.5	52.8	41.9	37.4	29.6
Short Scale									
Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B'
PSB045S	.00036457	51.8	41.1	32.6	25.9	23.1	18.3	14.5	12.9
PSB065S	.00073365	-	82.7	65.6	52.1	46.4	36.8	29.2	26.0
Item#	Unit Weight	C	B'	A'	G'	F'	E'	D'	C'
PSB080S	.00111879	44.6	39.7	31.5	25.0	19.9	17.7	14.0	11.1
PSB100S	.00169349	67.5	60.1	47.7	37.9	30.1	26.8	21.3	16.9
Medium Scale									
Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B'
PSB045M	.00036457	58.9	46.8	37.1	29.5	26.2	20.8	16.5	14.7
PSB065M	.00073365	-	-	74.7	59.3	52.8	41.9	33.3	29.6
Item#	Unit Weight	C	B'	A'	G'	F'	E'	D'	C'
PSB090M	.00111879	50.7	45.1	35.9	28.5	22.6	20.1	16.0	12.7
PSB100M	.00169349	76.8	68.3	54.3	43.1	34.3	30.5	24.2	19.2

Superlong Scale

Item#	Unit Weight	d	c	B	A	G	F	E	D
PSB032SL	.00020465	-	47.0	41.9	33.2	26.4	20.9	18.6	14.8
PSB040SL	.00029409	-	-	-	47.7	37.9	30.1	26.8	21.3
PSB045SL	.00036457	-	-	-	59.2	47.0	37.3	33.2	26.4
PSB050SL	.00042635	-	-	-	87.2	68.2	54.9	43.6	38.8
PSB055SL	.00058296	-	-	-	-	-	-	-	-
PSB060SL	.00067781	69.3	61.7	49.0	38.9	34.6	27.5	21.8	17.4
PSB065SL	.00073365	75.0	66.8	53.0	42.1	37.5	29.8	23.6	18.8
PSB070SL	.00087014	89.0	79.3	62.9	49.9	44.4	35.3	28.0	22.3
PSB075SL	.00095857	98.0	87.3	69.3	55.0	49.0	38.9	30.9	24.6
PSB080SL	.00111879	-	101.9	80.9	64.2	57.1	45.4	36.0	28.7
PSB085SL	.00124034	126.8	113.0	89.7	71.2	63.3	50.3	40.0	31.8
PSB090SL	.00151382	61.4	48.8	38.8	34.5	27.4	21.7	19.4	15.4
PSB095SL	.00156550	63.5	50.4	40.1	35.7	28.3	22.5	20.1	15.9
PSB100SL	.00169349	68.7	54.6	43.4	38.6	30.6	24.3	21.7	17.2
PSB105SL	.00183626	74.5	59.1	47.0	41.8	33.2	26.3	23.5	18.6
PSB110SL	.00218579	88.7	70.4	56.0	49.8	39.5	31.4	28.0	22.2
PSB130SL	.00277435	112.6	89.4	71.1	63.2	50.1	39.8	35.5	28.1

ACOUSTIC BASS GUITAR

Phosphor Bronze - Round Wound

Long Scale

Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B
PBB045	.00041330	-	59.8	47.5	37.7	33.6	26.6	21.2	18.8
PBB065	.00086394	-	-	-	78.8	70.2	55.7	44.2	39.4
Item#	Unit Weight	C	B	A	G	F	E	D	C
PBB080	.00130940	67.0	59.7	47.4	37.6	29.9	26.6	21.1	16.8
PBB100	.00197902	101.3	90.2	71.6	56.9	45.2	40.2	31.9	25.3
Item#	Unit Weight	A	G	F	E	D	C	B	A
PBB130	.00324696	117.5	93.3	74.2	66.0	52.3	41.5	37.1	29.4

Mandolin Family Strings

Mandolin

Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
J6201	.00002215	21.5	19.2	15.2	12.1	10.8	8.5	6.8	5.4
J6202	.00004342	42.2	37.6	29.8	23.7	21.1	16.8	13.3	10.6
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
J6203	.00011024	26.8	23.9	19.0	15.0	13.4	10.6	8.4	6.7
J6204	.00022308	54.2	48.3	38.3	30.4	27.1	21.5	17.1	13.6
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
J6701	.00002680	26.1	23.2	18.4	14.6	13.0	10.3	8.2	6.5
J6702	.00004342	42.2	37.6	29.8	23.7	21.1	16.8	13.3	10.6
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
J6703	.00011462	27.9	24.8	19.7	15.6	13.9	11.1	8.8	7.0
J6704	.00027459	-	59.4	47.2	37.4	33.4	26.5	21.0	16.7

Mandolin Family Strings (cont.)

Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
17401/EXP	.00002680	26.1	23.2	18.4	14.6	13.0	10.3	8.2	6.5
17402/EXP	.00004984	48.5	43.2	34.3	27.2	24.2	19.2	15.3	12.1
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
17403/EXP	.00013550	32.9	29.3	23.3	18.5	16.5	13.1	10.4	8.2
17404/EXP	.00032850	-	-	56.5	44.8	39.9	31.7	25.1	20.0
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
17501/EXP	.00002930	28.5	25.4	20.1	16.0	14.2	11.3	9.0	7.1
17502/EXP	.00005671	55.1	49.1	39.0	30.9	27.6	21.9	17.4	13.8
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
17503/EXP	.00013550	32.9	29.3	23.3	18.5	16.5	13.1	10.4	8.2
17504/EXP	.00034500	-	-	59.3	47.1	41.9	33.3	26.4	21.0

Mandolin - Flat Tops

Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
FT7401	.00002680	26.1	23.2	18.4	14.6	13.0	10.3	8.2	6.5
FT7402	.00005313	-	-	-	-	25.8	20.5	16.3	12.9
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	b	a	g	f
FT7403	.00015881	38.6	34.4	27.3	21.7	19.3	15.3	12.2	9.6
FT7404	.00032915	-	-	-	44.9	40.0	31.7	25.2	20.0

Mandola

Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	b
17601	.00004984	31.7	25.2	20.0	15.9	14.1	11.2	8.9	7.9
17602	.00012640	-	-	-	40.2	35.8	28.4	22.6	20.1
Item#	Unit Weight	a	g	f	e	d	c	B	A
17603	.00025365	32.0	25.4	20.2	18.0	14.3	11.3	10.1	8.0
17604	.00055000	68.4	55.1	43.7	39.0	30.9	24.5	21.9	17.4

Mandola - Flat Tops

Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	b
FT7601	.00005999	38.2	30.3	24.0	19.1	17.0	13.5	10.7	9.5
FT7602	.00013642	-	-	-	43.4	38.7	30.7	24.4	21.7
Item#	Unit Weight	a	g	f	e	d	c	B	A
FT7603	.00027838	35.2	27.9	22.1	19.7	15.7	12.4	11.1	8.8
FT7604	.00055787	70.4	55.9	44.4	39.5	31.4	24.9	22.2	17.6

Mandocello

Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	B
17801	.00011528	-	36.1	28.7	22.7	20.3	16.1	12.8	11.4
17802	.00028330	-	-	-	-	-	39.5	31.4	28.0
Item#	Unit Weight	A	G	F	E	D	C	B	A
17803	.00056166	44.0	34.9	27.7	24.7	19.6	15.5	13.8	11.0
17804	.00121779	95.3	75.7	60.0	53.5	42.4	33.7	30.0	23.8

Mandobass

Item#	Unit Weight	B	A	G	F	E	D	C	B
17901	.00046015	128.2	101.7	80.7	64.0	57.1	45.3	35.9	32.0
17902	.00071558	-	158.1	125.5	99.6	88.7	70.4	55.9	49.7
Item#	Unit Weight	C	B	A	G	F	E	D	C
17903	.00159126	124.3	110.6	87.9	69.8	55.5	49.3	39.1	31.1
17904	.00302935	236.6	210.6	167.3	132.8	105.6	93.9	74.5	59.2

Banjo & Loop End String Tensions

Ball End - Plain Steel

Item#	Unit Weight	a'	f'	e'	d'	c'	b	a	g
J6901B	.00001794	20.0	15.9	14.2	11.3	8.9	8.0	6.3	5.0
J6902B	.00002680	29.9	23.8	21.2	16.8	13.3	11.9	9.4	7.5
Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	B
J6903B	.00003744	16.6	13.2	10.5	8.3	7.4	5.9	4.7	4.2
J6904B	.00007830	-	27.6	21.9	17.4	15.5	12.3	9.7	8.7
Item#	Unit Weight	c'	b'	a'	d'	f'	e'	d'	c'
J6905B	.00001794	19.6	17.5	13.9	11.0	8.7	7.8	6.2	4.9

Loop End - Plain Steel

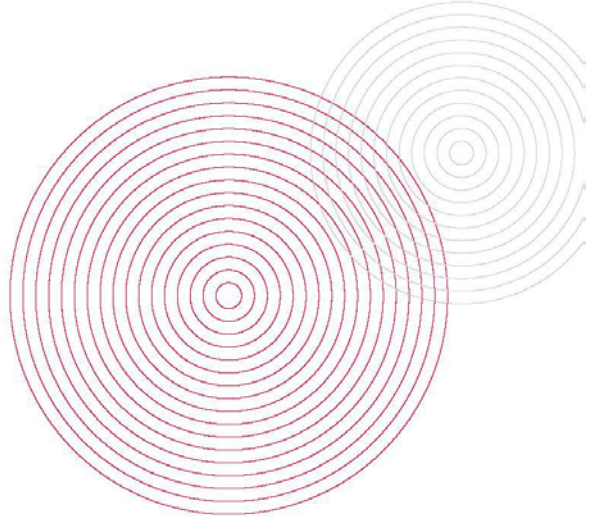
Item#	Unit Weight	a'	d'	f'	e'	d'	c'	b	a
LE008	.00001418	20.0	15.8	12.6	11.2	8.9	7.1	6.3	5.0
LE009	.00001794	-	20.0	15.9	14.2	11.3	8.9	8.0	6.3
LE010	.00002275	-	24.7	19.6	17.5	13.9	11.0	9.8	7.8
LE011	.00002680	-	29.9	23.8	21.2	16.8	13.3	11.9	9.4
LE012	.00003190	-	35.6	28.3	25.2	20.0	15.9	14.1	11.2
Item#	Unit Weight	f'	e'	d'	c'	b	a	g	f
LE013	.00003744	33.2	29.6	23.5	18.6	16.6	13.2	10.5	8.3
LE014	.00004342	38.5	34.3	27.2	21.6	19.2	15.3	12.1	9.6
LE015	.00004984	44.2	39.4	31.3	24.8	22.1	17.5	13.9	11.0
LE016	.00005671	50.3	44.8	35.6	28.2	25.1	20.0	15.8	12.6
LE017	.00006402	56.8	50.6	40.1	31.9	28.4	22.5	17.9	14.2
LE018	.00007177	63.6	56.7	45.0	35.7	31.8	25.3	20.0	15.9

Loop End - Nickelplated Steel Round Wound

Item#	Unit Weight	c'	b	a	g	f	e	d	c
LE018W	.00006003	-	26.6	21.1	16.8	13.3	11.9	9.4	7.5
LE020W	.00007282	-	-	25.6	20.3	16.1	14.4	11.4	9.1
LE022W	.00008879	-	39.3	31.2	24.8	19.7	17.5	13.9	11.0
LE023W	.00009739	-	43.2	34.3	27.2	21.6	19.2	15.3	12.1
LE024W	.00010857	-	-	38.2	30.3	24.1	21.4	17.0	13.5
Item#	Unit Weight	g	f	e	d	c	B	A	G
LE026W	.00012316	34.4	27.3	24.3	19.3	15.3	13.7	10.8	8.6
LE028W	.00014311	40.0	31.7	28.3	22.4	17.8	15.9	12.6	10.0
LE030W	.00016792	46.9	37.2	33.2	26.3	20.9	18.6	14.8	11.7
LE032W	.00018902	52.8	41.9	37.3	29.6	23.5	21.0	16.6	13.2
LE034W	.00021145	-	46.9	41.7	33.1	26.3	23.4	18.6	14.8
LE036W	.00023520	-	52.1	46.4	36.8	29.3	26.1	20.7	16.4
LE038W	.00026026	-	-	51.4	40.8	32.4	28.9	22.9	18.2
LE040W	.00028933	-	64.1	57.1	45.3	36.0	32.1	25.5	20.2
LE042W	.00031703	-	70.3	62.6	49.7	39.4	35.2	27.9	22.1
Item#	Unit Weight	d	c	B	A	G	F	E	D
LE044W	.00034606	54.2	43.0	38.4	30.4	24.2	19.2	17.1	13.6
LE046W	.00037640	59.0	46.8	41.7	33.1	26.3	20.9	18.6	14.7
LE048W	.00040806	63.9	50.8	45.2	35.9	28.5	22.6	20.1	16.0
LE049W	.00042438	66.5	52.8	47.1	37.3	29.6	23.5	20.9	16.6
LE052W	.00047533	-	59.1	52.7	41.8	33.2	26.3	23.5	18.6
LE054W	.00053073	83.1	66.0	58.8	46.7	37.1	29.4	26.2	20.8
LE056W	.00056832	-	70.7	63.0	50.0	39.7	31.5	28.1	22.3
LE059W	.00063211	99.0	78.6	70.1	55.6	44.1	35.0	31.2	24.8

Loop End - Phosphor Bronze Round Wound

Item#	Unit Weight	b	a	g	f	e	d	c	B
LE018PB	.00006835	-	-	19.1	15.1	13.5	10.7	8.5	7.6
LE020PB	.00007894	-	27.8	22.0	17.5	15.6	12.4	9.8	8.8
LE022PB	.00009571	-	33.7	26.7	21.2	18.9	15.0	11.9	10.6
LE023PB	.00010471	-	36.8	29.2	23.2	20.7	16.4	13.0	11.6
LE024PB	.00011352	-	39.9	31.7	25.2	22.4	17.8	14.1	12.6
Item#	Unit Weight	f	e	d	c	B	A	G	F
LE026PB	.00013285	29.4	26.2	20.8	16.5	14.7	11.7	9.3	7.4
LE028PB	.00015514	34.4	30.6	24.3	19.3	17.2	13.6	10.8	8.6
LE030PB	.00018215	40.4	36.0	28.5	22.7	20.2	16.0	12.7	10.1
LE032PB	.00020573	45.6	40.6	32.2	25.6	22.8	18.1	14.4	11.4
LE034PB	.00023532	-	46.5	36.9	29.3	26.1	20.7	16.4	13.0
LE036PB	.00026350	58.4	52.0	41.3	32.8	29.2	23.2	18.4	14.6
LE038PB	.00029110	-	-	45.6	36.2	32.3	25.6	20.3	16.1
LE040PB	.00032463	-	64.1	50.9	40.4	36.0	28.6	22.7	18.0
LE042PB	.00036248	-	-	56.8	45.1	40.2	31.9	25.3	20.1
Item#	Unit Weight	d	c	B	A	G	F	E	D
LE045PB	.00041278	64.7	51.3	45.8	36.3	28.8	22.9	20.4	16.2
LE047PB	.00044815	-	55.7	49.7	39.4	31.3	24.8	22.1	17.6
LE049PB	.00048575	-	60.4	53.9	42.7	33.9	26.9	24.0	19.0
LE052PB	.00054457	85.3	67.7	60.4	47.9	38.0	30.2	26.9	21.3
LE053PB	.00056386	-	70.1	62.5	49.6	39.4	31.2	27.8	22.1
LE056PB	.00062711	-	78.0	69.5	55.2	43.8	34.7	31.0	24.6
LE059PB	.00069554	109.0	86.5	77.1	61.2	48.6	38.5	34.3	27.2



III priedas. „SERVOLOCITY“ variklio charakteristikos

MAXIMUM TORQUE ➡ 20* oz-in. (12VDC) **MAXIMUM SPEED** ➡ 460 RPM (12VDC)

* Stalling this gearmotor could cause gear damage.

Introducing our new line of micro gearmotors! Although these micro gearmotors have a footprint comparable to a micro-size servo and tip the scales at only 0.3oz, they are incredibly powerful. All-metal gears ensure the motor will hold up in even the harshest applications. The extremely versatile [gearmotor case](#) (sold separately) provides protection for the gears and offers numerous mounting options to fit a variety of custom applications. These micro gearmotors have a 3mm D-shaft that protrudes from the gearbox case.

All metal gears!



Price: **\$9.99**
 Part: 638126
 Status: **In-Stock**
 Qty: [Add to Cart](#)

Share with friends!
 52

Use [1.6mm screws](#) to mount the gearmotor.

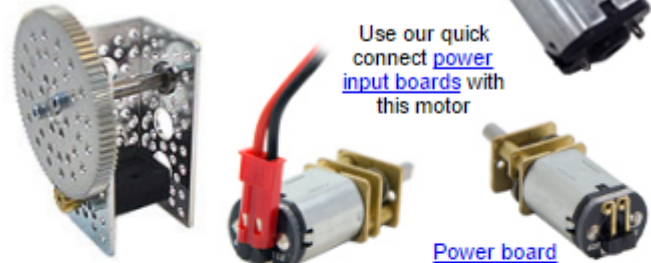
Use with our 3mm bore [pinion gears](#)!

The Gearmotor has a "D" shaped 3mm diameter shaft.

The [3mm bore hub](#) is great for attaching other components.

- Operating Range: 6 - 12VDC
- Torque @ Stall: 7 oz-in.@ 6VDC
- Torque @ Stall: 20 oz-in.@ 12VDC
- Gear train damage can occur if stalled (locked)**
- 0.118" (3mm) Diameter "D" Shaft
- No load current: 40mA (6VDC)
- No load current: 100mA (12VDC)
- Stall current: 360mA (6VDC)
- Stall current: 1600mA (12VDC)
- No load speed: 240 RPM @ 6VDC
- No load speed: 460 RPM @ 12VDC
- Gear ratio: 50:1
- Motor size: See Schematics
- Shaft size: 0.118" (3mm) Dia. x 0.393" (10mm) L
- Weight: 0.3 oz (8.5g)
- DC reversible motors

Shown with a 3mm to 1/4" set screw [shaft coupler](#).



Use our quick connect [power input boards](#) with this motor

[Power board](#)

The Digital Manual Speed Controller provides proportional forward and reverse control of your MicroGearmotor. Simply supply 6-16V to the controller and plug in your Gearmotor. The speed and direction are controlled by the knob.



The mounting holes utilize a .770" hub pattern which allows you to mount the gearmotor directly to [channel](#).

Compatible Accessories:
[3mm bore pinion gears](#)
[3mm bore MXL pulley](#)
[3mm bore hub pulley](#)
[Gearmotor Enclosure Case](#)

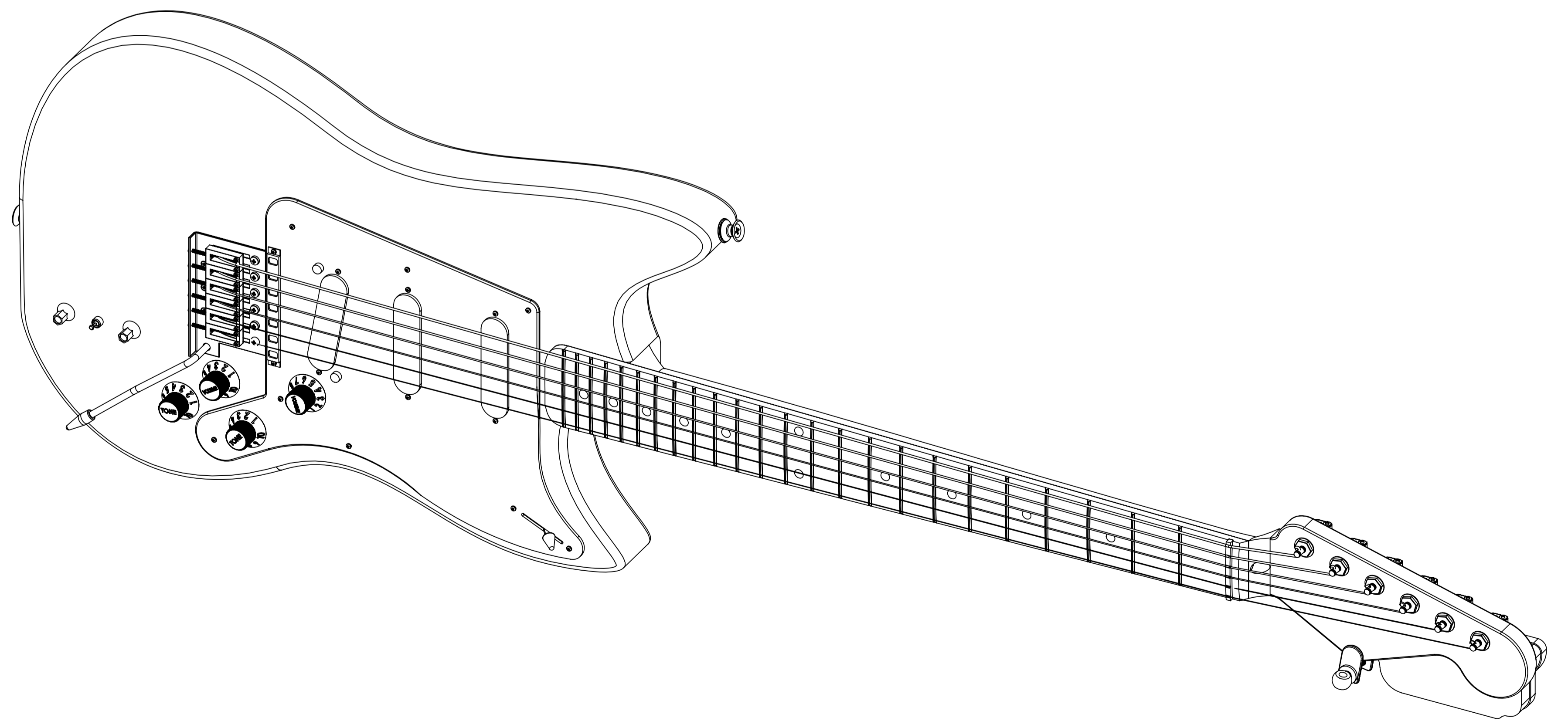
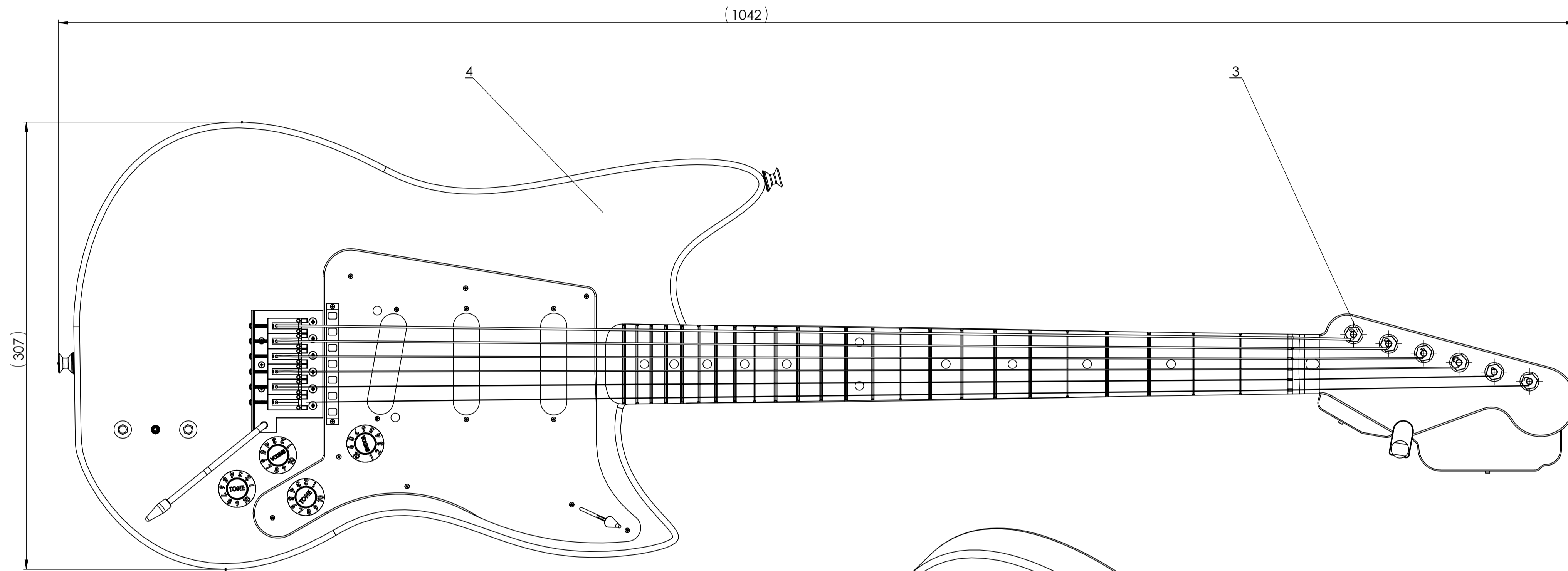
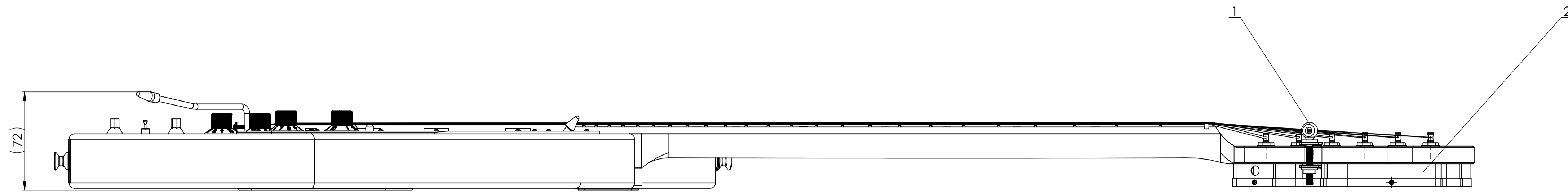
If you are simply needing to operate your gearmotor from a switch, click on the picture of the switch at the right.



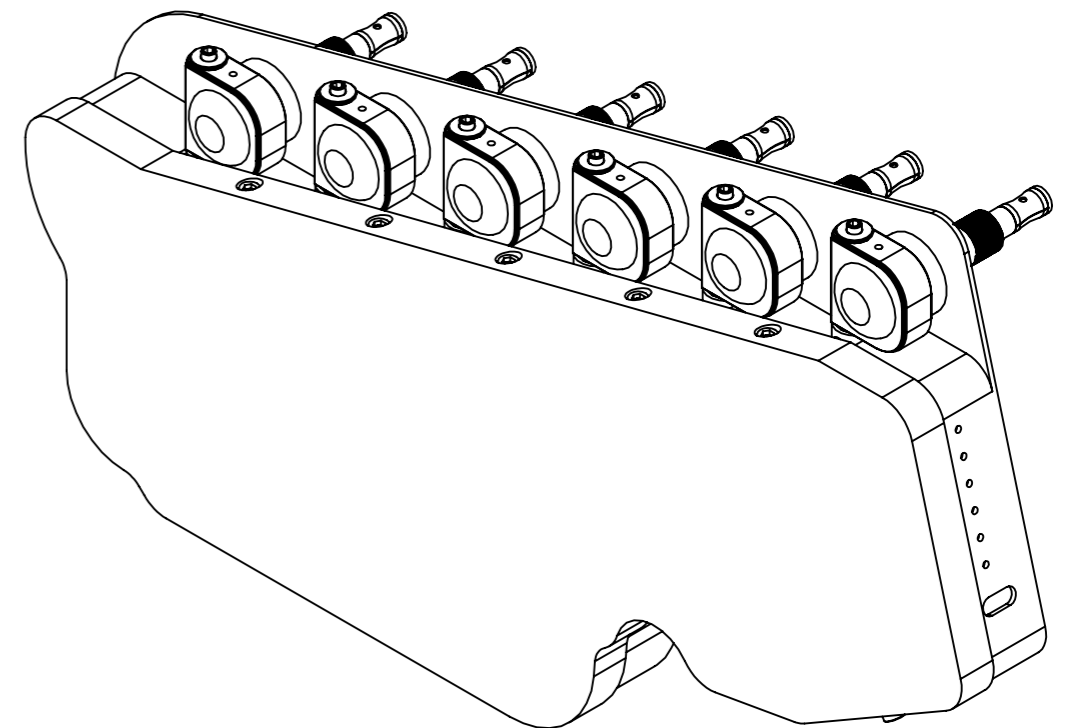
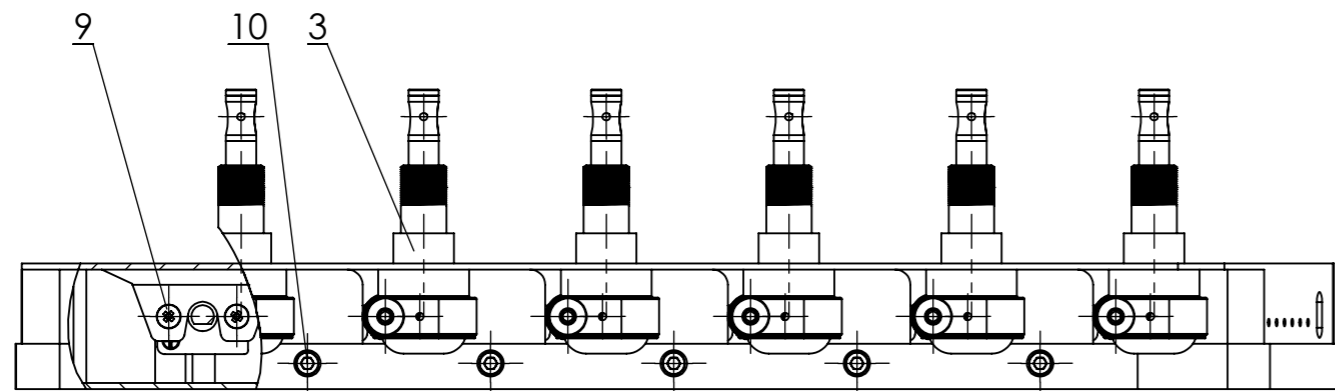
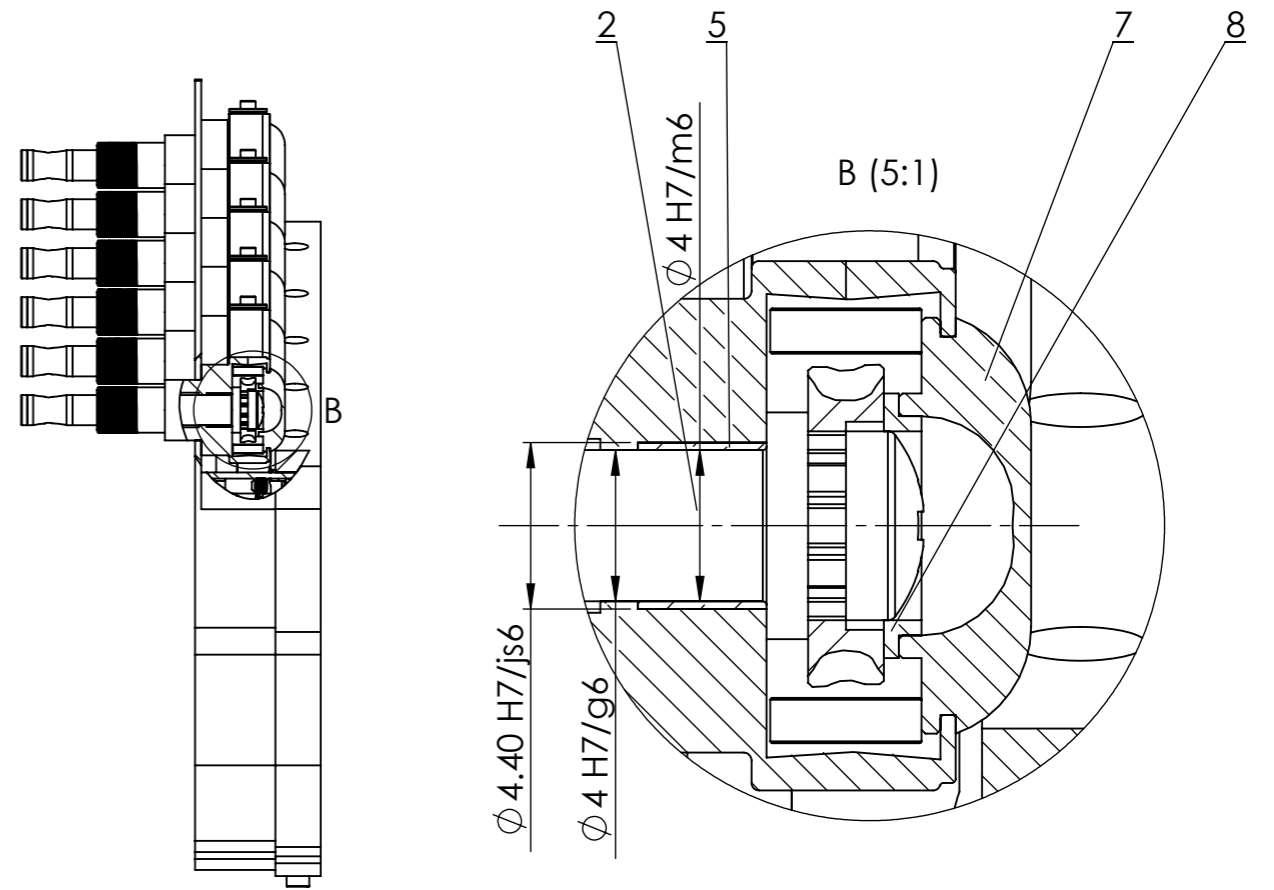
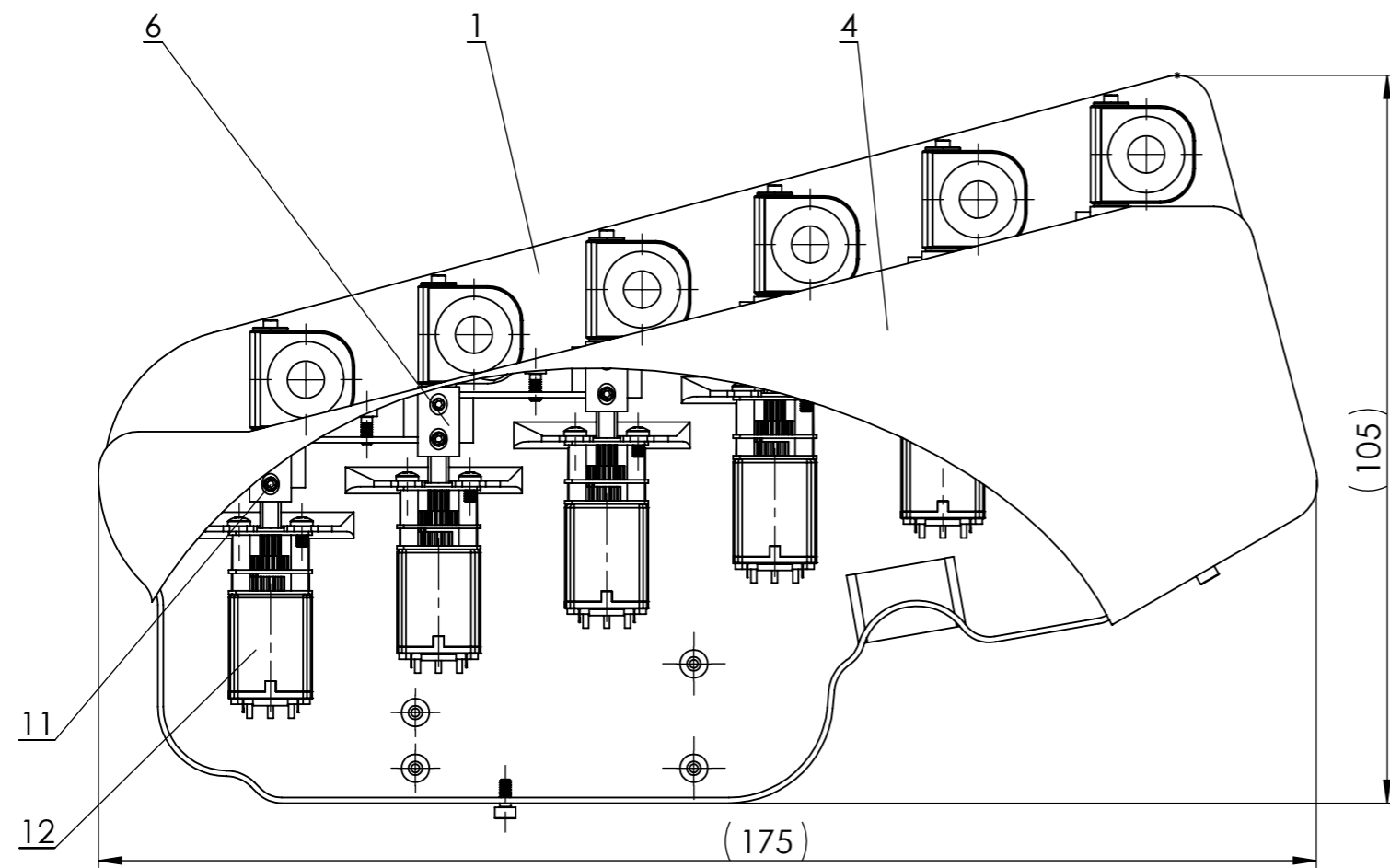
Stall Torque is the torque which is produced by a motor when the output rotational speed is zero, it may also mean the torque load that causes the output rotational speed of a motor to become zero - ie to cause stalling. Electric motors continue to provide torque when stalled. However, electric motors left in a stalled condition are prone to overheating and possible damage since the current flowing is maximum under these conditions.

V priedas. Brėžiniai

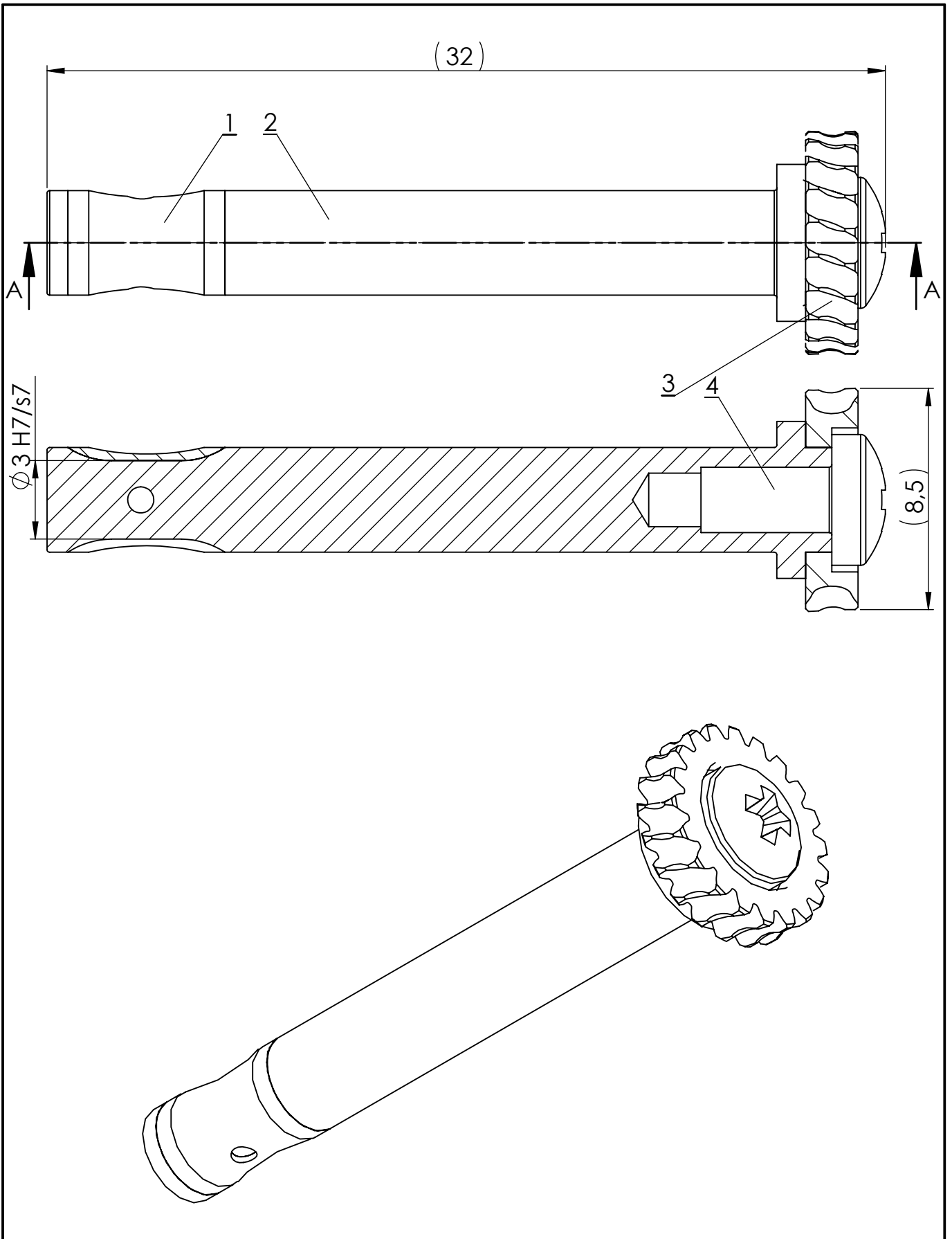
POZ.	ATPAŽINIMO NUMERIS	PAVADINIMAS	SK.	PASTABA
		<u>Dokumentai</u>		
	AD 01.02.00.000 SB	Surinkimo brėžinys	1	A1
		<u>Junginiai</u>		
1	AD 01.02.01.000	Korpusas	1	
2	AD 01.02.02.000	Velenas su sliakračiu	6	A4
3	AD 01.02.03.000	Korpusas su slieku	6	A3
		<u>Detalės</u>		
4	AD 01.02.00.001	Dangtis	1	
5	AD 01.02.00.002	Įvorė 1	6	
6	AD 01.02.00.003	Mova	6	
7	AD 01.02.00.004	Dangtelis	6	
8	AD 01.02.00.005	Įvorė 2	6	
		<u>Standartiniai gaminiai</u>		
		<u>Sraigčiai</u>		
9		ISO 7045 - M1.6 x 3	12	
10		ISO 4762 - M1.6 x 4	7	
11		ISO 4026 - M2 x 2	12	
		<u>Kiti gaminiai</u>		
12		Variklis SERVOCITY	6	
Atsakinga žinyba MIK		Vadovas	Dokumento tipas Detalių sąrašas	
Savininkas KTU		Rengė Arunas Balunas	Dokumento statusas Mokomasis	
		Tvirtino Sigitas Kilikevičius	Antraštė Automatinis gitaros derinimo mech.	
			Laida A	Data 2016-05-20
			Kalba lt.	Lapas 2 / 4



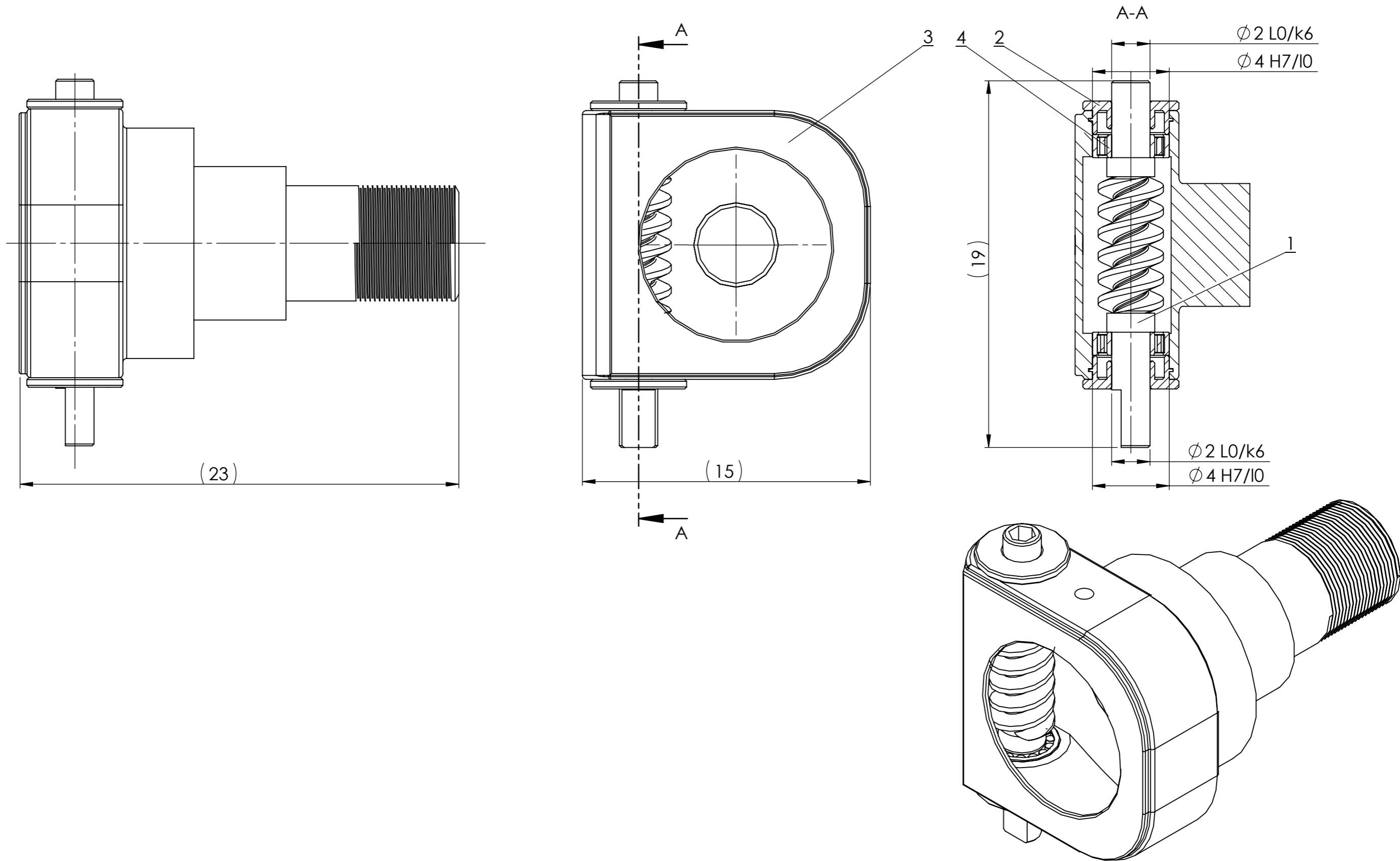
Logo	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga	Mastelis
Atsakinga žinyba <i>MIK</i>	Vadovas	Dokumento tipas <i>Bendras vaizdas</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>	
Savininkas <i>KTU</i>	Rengė <i>Arunas Balunas</i>	Antraštė <i>Automatinis gitaros derinimo mechanizmas</i>	Žymuo <i>AD 01.00.00.000 BV</i>	
	Tvirtino <i>Sigitas Kilikevičius</i>	Laida Data <i>A 2016-05-18</i>	Kalba <i>lt.</i>	Lapas <i>1/4</i>



	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga	Mastelis M 1:1
Atsakinga žinyba MIK	Vadovas	Dokumento tipas Surinkimo brėžinys	Dokumento statusas Mokomasis	
Savininkas KTU	Rengė Arunas Balunas Tvirtino Sigitas Kilikevičius	Antraštė Automatinis gitaros derinimo mechanizmas	Žymuo AD 01.02.00.000 SB	
			Laida A	Data 2016-05-18
			Kalba lt.	Lapas 2/4



	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga	Mastelis M 5:1
Atsakinga žinyba MIK	Vadovas	Dokumento tipas Surinkimo brėžinys	Dokumento statusas Mokomasis	
Savininkas KTU	Rengė Arunas Balunas	Antraštė Velenas su sliakračiu	Žymuo AD 01.02.02.000 SB	
	Tvirtino Sigitas Kilikevičius		Laida A	Data 2016-05-18
			Kalba lt.	Lapas 3/4



	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga	Mastelis M 5:1
Atsakinga žinyba MIK	Vadovas	Dokumento tipas Surinkimo brėžinys	Dokumento statusas Mokomasis	
Savininkas KTU	Rengė Arunas Balunas	Antraštė Korpusas su slieku	Žymuo AD 01.02.03.000 SB	
	Tvirtino Sigitas Kilikevičius		Laida A	Data 2016-05-18
			Kalba lt.	Lapas 4/4