

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS
PRAKTINĖS INFORMATIKOS KATEDRA

Elvyra Zacharovienė

**Sukamų daugiasluoksnių konstrukcinių
elementų projektavimo proceso modeliavimas**

Magistro darbas

Darbo vadovas

doc. A. Lenkevičius

Kaunas
2004

TURINYS

1.	ĮVADAS	3
2.	ANALITINĖ DALIS	7
2.1.	Vienalyčių kūnų sukimas.....	7
2.1.1.	Sukimo sąvoka. Sukimo apkrovos, įrašos ir jų diagramos	7
2.1.2.	Sukamo strypo įtempimai ir deformacijos.....	8
2.1.3.	Apvalaus sukamo strypo įtempimų būvis ir irimas	11
2.1.4.	Sukamų strypų skaičiavimas stiprumui ir standumui	13
2.1.5.	Potencinė energija sukant	14
2.1.6.	Sukamų neapvalių strypų skaičiavimas	15
2.1.7.	Sukamų plonasienių vamzdžių skaičiavimas.....	17
2.2.	Daugiasluoksnių kūnų sukimas	18
2.2.1.	Tangentinių įtempimų nustatymas.....	18
2.2.2.	Sukamo strypo standumas ir deformacijos	19
3.	PROJEKTINĖ DALIS	22
3.1.	Reikalavimai projektuojamai sistemai	22
3.1.1.	Duomenų tvarkymo vartotojo sąsaja	22
3.1.2.	Programos vykdymo vartotojo sąsaja	23
3.1.3.	Duomenų pateikimo vartotojo sąsaja.....	23
3.1.4.	Pagalbos pateikimo vartotojo sąsaja.....	23
3.2.	Duomenų struktūra.	24
3.3.	Projektuojamos programos architektūra	25
3.3.1.	Projektuojamos programos langas	26
3.3.2.	Projektuojamos programos pagrindinis meniu	26
3.3.3.	Projektuojamos programos įrankių juosta	28
3.3.4.	Duomenų įvedimo ir tvarkymo programos modulis.....	28
3.4.	Programos objektų specifikacijos	31
3.4.1.	Programos langų vardai	31
3.4.2.	Programos naudojimo algoritmas	32
3.4.3.	Programos duomenų struktūra	32
3.5.	Testavimo medžiaga	34
3.5.1.	Programos fizinio matematinio modelio uždavinio sprendimas.....	35
3.5.2.	Vartotojo klaidų testavimas	37
4.	VARTOTOJO DOKUMENTACIJA.....	39
4.1.	Sistemos funkcinis aprašymas	39
4.2.	Sistemos vadovas.....	42
4.3.	Sistemos instaliavimo dokumentas	46
4.3.1.	Programos instaliavimo instrukcija	46
4.3.2.	Reikalavimai programinei įrangai	48
4.3.3.	Sistemą sudarantys failai	48
5.	PRODUKTO KOKYBĖS ĮVERTINIMAS.....	49
6.	IŠVADOS	50
7.	LITERATŪRA	51
8.	SUMMARY	53
9.	TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS	54
10.	PRIEDAI.....	55

1. ĮVADAS

Dauguma šiuolaikinių konstrukcinių medžiagų sudaro kompozicijos, kurios techniniam gaminiui suteikia tam tikrą savybių derinį [1]. Visais atvejais tai skirtingų medžiagų sistema, kurios kiekvienas komponentas turi konkrečią paskirtį gaminyje. Įvairių medžiagų bendras darbas kompozicijoje yra tolygus naujos medžiagos sukūrimui, kurios savybės kiekybiškai ir kokybiškai skiriasi nuo ją sudarančių komponentų savybių [1, 2]. Sluoksniuotos konstrukcijos gali būti gautos naudojant polimerines kompozicines medžiagas, plienus, medį, betoną bei kitas medžiagas [3–5]. Jos naudojamos įvairios paskirties objektuose, pradedant buitine technika, automobiliais, statybinėmis konstrukcijomis ir baigiant lėktuvų konstrukcijomis [6–9]. Platus ir įvairiapusis sluoksniuotų konstrukcinių elementų naudojimas verčia viso pasaulio mokslininkus visapusiškai nagrinėti ir spręsti išskylančias problemas. Keletą iš jų verta paminėti. Pavyzdžiui, Švedijos plieno konstrukcijų institutas sprendžia kompozicinių segmentinių tiltų projektavimo ir statybos problemas [10], tiltų kompozicinių konstrukcijų stiprumo ir nuovargio tyrimai atliekami Merilendo universitete [11], pažeidimų kaupimosi sluoksniuotose lėktuvo fiuzeliažo konstrukcijose nagrinėjami Arizonos universiteto mokslininkų darbuose [12–15] ir daugelyje kitų universitetų. Daugelyje darbų [13, 16–18] akcentuojamas baigtinių elementų metodo (BEM) taikymas nagrinėjant daugiasluoksnes konstrukcijas, plyšio vystymąsi jose, sprendžiant kontaktinius uždavinius tarp sluoksniuotų elementų. BEM programos plačiai naudojamos ir įtempimų bei deformacijų pasiskirstymo dėsninimumams nustatyti [19–21].

Daugeliui yra žinomos ir plačiai naudojamos, palyginti naujos, konstrukcinės medžiagos – kompozitai. Tai stiklo, anglies, boro, organiniai plastikai, sudaryti iš polimerinės ar kitokios matricos ir tvirto armuojančio elemento. Nors šios medžiagos yra lengvos ir stiprios, atsparios įvairiems aplinkos poveikiams, tačiau šiandieną ir jos nebepatenkina projektuotojų poreikių.

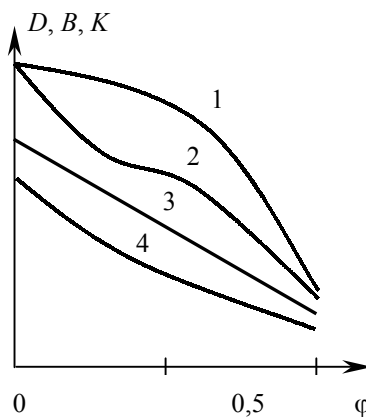
Pastaruoju metu vis daugiau šiuolaikinių gaminių konstrukcijų yra sudarytos iš kelių naujausių medžiagų, kurios gaminiui suteikia būtinas technines, eksploatacines ir kitas savybes. Parinkus kompozicijos medžiagas su skirtingomis mechaninėmis ir fizikinėmis savybėmis, galima sukurti optimalių parametrų konstrukcinių elementus, pasižyminčius didžiausiu stiprumu ir standumu bei mažiausiu tankiu ar kaina. Tai ypač svarbu aviacijoje, transporte ir kitur. Todėl neatsitiktinai pirmosios daugiasluoksnių konstrukcijos Lietuvoje buvo panaudotos Prienų sportinės aviacijos įmonėje, Panevėžio Schmitz-Auviga bei kitose įmonėse.

Panaudojus naujausias kompozicines medžiagas projektuojant viršgarsinį šiuolaikinį lėktuvą [21], gaunama 26 proc. mažesnė konstrukcijos masė. Tai leidžia 21 proc. sumažinti lėktuvo kainą ir gauti 30 proc. kuro ekonomiją. Iš kompozitų gaminami lėktuvų sparnai, fiuzeliažai, vairo ir kitų mechanizmų įvairios detalės. Nemažą dalį iš jų sudaro sluoksniuotos konstrukcijos.

Norint efektyviai panaudoti naujas daugiasluoksnes (hibridines) konstrukcijas būtina turėti jų projektavimo metodiką, leidžiančią lengvai ir tiksliai apskaičiuoti pagrindines stiprumo ir standumo charakteristikas. Pastaraisiais metais atsirado keletas tokių metodikų [22, 23] ir ypač malonu pristatyti Lietuvoje naudojamą J.Bareišio-V.Paulausko daugiasluoksnių konstrukcinių elementų (KE) projektavimo metodiką [24, 25].

Ši metodika yra nesudėtinga, lengvai suprantama kiekvienam inžinieriui. Naudodamas metodiką [24], naujo gaminio projektuotojas, gali suprojektuoti reikiamo stiprumo, standumo bei optimalios masės ir kainos produktą. Atsižvelgiant į šiandienines kompiuterių galimybes, yra galimybė išnagrinėti daugybę konstrukcijos variantų ir pasirinkti optimaliausią. Įdomu pastebėti, kad ši metodika buvo patikrinta skaitiniu eksperimentu, naudojant baigtinių elementų metodą [26]. Nustatyta, kad skaičiavimų paklaidos svyruoja 1-5 proc. ribose.

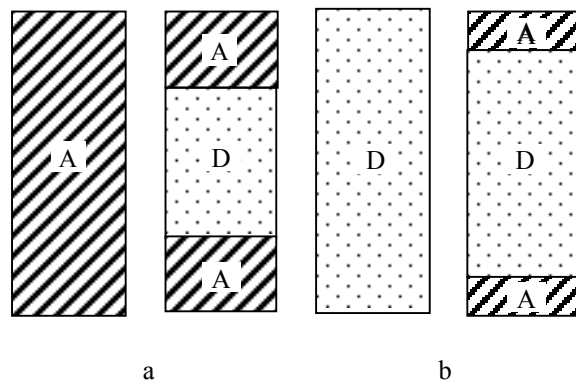
1 pav. pateiktas standumo D , B ir K kitimo pobūdis, keičiant trisluoksniu konstrukcinio elemento sluoksnių storius, kai išorinių sluoksnių tamprumo modulis yra didesnis nei viduriniojo. Jei simetrinio trisluoksniu konstrukcinio elemento ašinio standumo B kitimas yra tiesialinijinis (3 kreivė), o standumo šlyčiai K – artimas tiesialinijiniam, tai standumo lenkimui D kitimas yra aprašomas kubine parabole (1 kreivė).



1 pav. Standumų D (1, 2), B (3) ir K (4) kitimo pobūdis, keičiant trisluoksniu konstrukcinio elemento sluoksnių storius

2 kreivė (1 pav.) vaizduoja asimetrinio trisluoksniu KE standumo D kitimą. Pateikti duomenys rodo, kad racionaliausia naudoti dvi medžiagas ir iš jų suformuotą

trislukošnę simetrinę konstrukciją. Jei į KE, sudarytą iš vienos, didžiausią tamprumo modulį turinčios medžiagos, įvesime iki pusės skerspjūvio ploto daug kartų mažesnio standumo ir lengvumo medžiagą (2 pav., a), tai standumas lenkimui D sumažės tik ~ 10 proc., kai KE kaina ir masė gali sumažėti iki 50 proc. Tokie duomenys yra gaunami naudojant anglies plastiką (A) ir epoksidinę dervą (D). Jei prie mažo standumo medžiagos (2 pav., b), pvz., epoksidinės dervos, nekeisdami skerspjūvio matmenų, įvesime 10 proc. anglies plastiko, tai standumas lenkimui padidės daugiau nei 9 kartus, ašinis standumas 3 kartus, o konstrukcijos masė tik 15 proc. Išsamesni įvairių faktorių tyrimai daugiasluoksnių KE stiprumui ir standumui pateikti darbe [26].



2 pav. Vientisos konstrukcijos skerspjūvio pakeitimas trislukošniu, kai $\varphi=0,5$ (a) ir $\varphi=0,9$ (b)

Taigi daugiasluoksnių konstrukcinių elementų panaudojimas yra efektyvus būdas pagerinti gaminio technines charakteristikas, o pateiktoji metodika – puikus įrankis juos naudoti praktikoje.

Nors literatūroje pateikta įvairių daugiasluoksnių konstrukcinių elementų skaičiavimo metodikų, tačiau daugeliu atveju jos yra gana sudėtingai ir sunkiai įsisavinamos. Viena iš suprantamiausių yra J.Bareišio-V.Paulausko daugiasluoksnių konstrukcinių elementų (KE) projektavimo metodika [24, 25]. Kol kas studentų mokymo procese ši skaičiavimo metodika mažai taikoma. Todėl atsižvelgiant į esamas problemas pasirinkau temą „Sukamų daugiasluoksnių konstrukcinių elementų projektavimo proceso modeliavimas“.

Šio darbo tikslas yra parengti proceso modelį, kuris įgalintų:

- ♦ grafiškai iliustruoti – pagal pasirenkamus pradinis duomenis nubrėžyti konstrukcinį brėžinį;
- ♦ apskaičiuoti konstrukcijos stiprumo ir standumo parametrus;
- ♦ pagal apskaičiuotas tangentinių įtempimų reikšmes nubrėžyti jų pasiskirstymą DKE skerspjūvyje;

- ♦ apskaičiuoti ir grafiškai iliustruoti konstrukcijos standumo ir stiprumo charakteristikų priklausomybes nuo keičiamų parametru.

Darbas sudarytas iš trijų pagrindinių dalių:

- ♦ Analitinės – visapusiškai išanalizuota problema ir jos sprendimo būdai, naudojant matematinės priemones ir metodus. Taip pat apibrėžta sprendžiamų problemų sritis, nustatyti apribojimai, jų minimalios bei maksimalios vertės. Be to supažindinama su naudojamomis sąvokomis, terminais bei pavadinimais.
- ♦ Projektinės – šioje dalyje aprašyta kuriama programa, jos struktūra, sandara, sudėtis bei galimybės.
- ♦ Vartotojo dokumentacijos – čia pateikiama instrukcijos programos vartotojui bei sistemos administratoriui.

2. ANALITINĖ DALIS

Prieš sprendžiant problemą būtina tiksliai ir visapusiškai išanalizuoti problemos sprendimo būdus, naudojamas matematinės priemonės ir metodus. Taip pat reikia apibrėžti sprendžiamų problemų sritį, nustatyti realius apribojimus, jų minimalias ir maksimalias vertes. Be to būtina susipažinti su toje problemoje naudojamomis sąvokomis, terminais bei pavadinimais.

2.1. Vienalyčių kūnų sukimas

Sukimas - tai deformacijos rūšis, kai strypo skerspjūvyje veikia tik sukimo momentas ir strypo skerspjūviai pasisuka apie geometrinę strypo ašį [27, 30].

Sukami objektai gali būti įvairūs. Velenai, ašys, spyruoklės, spynų raktai, t.y. kai strypas yra veikiamas dviejų priešingų kryptių jėgų dvejetainis (momentais).

2.1.1. Sukimo sąvoka. Sukimo apkrovos, įrašos ir jų diagramos

Sukimu yra veikiami velenai, perduodant galią frikciniams, diržiniams ar krumplinėms pavaromis. Perduodama galia P (kW), veleno sukimosi dažnis n (r/min) arba kampinis greitis ω (1/s) yra žinomi. Žinodami besisukančio kūno perduodamą galią P (W), išorinės apkrovos momentą M arba vidinę įrašą T apskaičiuojame taip:

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{9,55P}{n},$$

čia $\omega = \frac{\pi n}{30} \approx 0,1n$.

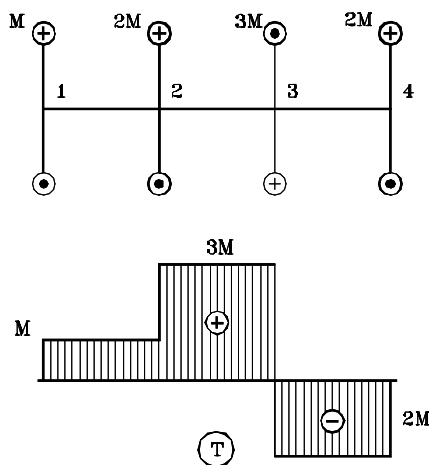
Sukimo įrašos T ženklas nustatomas pagal jos veikimo kryptį. Ji bus teigiama, jei žiūrint į pjūvio plokštumą iš lauko pusės išorinis M veikia prieš laikrodžio rodyklę ir neigiama, jei pagal.

Nagrinėdami veleno apkrovimą (3 pav.), matome, kad vieno iš išorinių momentų (šiuo atveju taške 3) skaitinė reikšmė lygi visų likusiųjų sumai. Taip yra todėl, kad dažniausiai vienas iš skriemulių ar krumpliaračių yra varantysis, o kiti varomieji. Kadangi veikiančių išorinių ir vidinių sukimo momentų suma lygi nuliui, tai bet kuriame veleno pjūvyje sukimo įrašą T yra lygi iki to pjūvio veikiančių išorinių sukimo momentų M sumai. Pvz., pjūvyje 2-3

einanti iš kairės sukimo įrašą $T_{2-3} = +M + 2M = 3M$. Einant iš dešinės pusės - $T_{2-3} = -2M + 5M = 3M$.

Turėdami įrašų dydžius visuose pjūviuose sudarome sukimo momentų T diagramą, neigiamas reikšmes atidedami apačioje horizontalios linijos, o teigiamas - viršuje.

Šiuo atveju didžiausias sukimo momentas bus pjūvyje 2-3 ir jis bus pavojingiausias, t.y. $T_{sk} = T_{2-3} = 3M$. Jei T yra neigiamas, imama jo absoliutinė reikšmė.



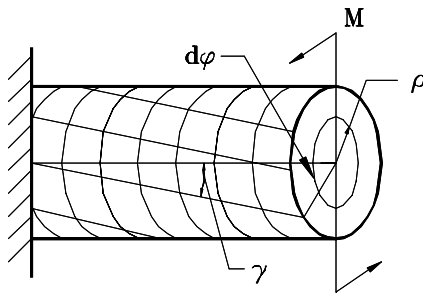
3 pav. Veleno apkrovimas

2.1.2. Sukamo strypo įtempimai ir deformacijos

Tyrimais nustatyta, kad sukant apvalų strypą, jo skersiniai pjūviai pasisuka proporcingai jų atstumui nuo įtvirtinimo vietos, o atstumas tarp jų nekinta [27-31].

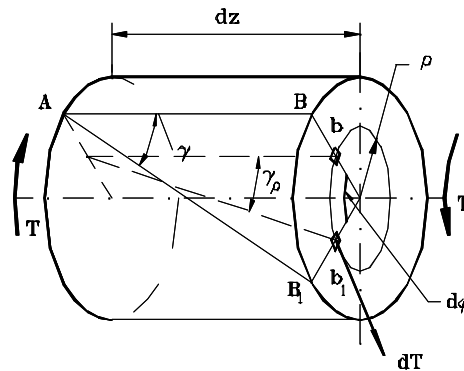
Jei paimsime modelį su kvadratėliais ir jį susuksime, gausime rombus, t.y. kvadratėlių statūs kampai pasikeičia, o kraštinių ilgai išlieka tie patys (4 pav.).

Sukimo momentas T yra atstojamasis momentas vidinių jėgų (įrašų), veikiančių pjūvio plokštumoje, kurių pasiskirstymo matas yra tangentinis įtempimas τ , t.y. apvalaus strypo skerspjūvyje veikia tik tangentiniai įtempimai.



4 pav. Apvalaus strypo sukimas

Įtempimams rasti imamas sukamo strypo elementas dz (5 pav.), kurio skerspjūvio elemente dA , nutolusiame nuo centro atstumu ρ , veikia tangentinė jėga dF_t , statmena spinduliui ρ .



5 pav. Sukamo strypo elementas

Tangentinė jėga $dF_t = \tau dA$, o šios jėgos momentas

$$dT = dF_t \cdot \rho = \tau \cdot \rho \cdot dA.$$

Pjūvio sukimo momentas bus šių elementarių momentų dT suma.

$$T = \int dT = \int \tau \rho \cdot dA. \quad (1)$$

Norint išspręsti šį integralą, reikia žinoti τ pasiskirstymą strypo skerspjūvyje. Tam pasinaudosime deformacijos ir įtempimų ryšio lygtimi. Sukant elemento dz priekinis galas užpakalinio atžvilgiu pasisuka kampu $d\varphi$, o sudaromoji ab kampu γ_p ir taškas b pasislenka į b_1 . Esant mažiems pasislinkimams iš plokščių pjūvių hipotezės, galime parašyti:

$$dz \gamma_p = \rho d\varphi, \quad (2)$$

arba
$$\gamma_p = \frac{d\varphi}{dz} \rho = \theta \rho, \quad (3)$$

čia $\theta = \frac{d\varphi}{dz}$ vadinamas santykiniu susukimo kampu, kuris apibūdina sukamo strypo deformavimosi intensyvumą ties bet kuriuo jo skerspjūviu.

Remiantis Huko dėsnio šlyčiai, tangentiniai įtempimai yra:

$$\tau = G\gamma, \quad (4)$$

čia G – šlyties modulis.

I (4) priklausomybę įrašę (3) išraišką, gauname:

$$\tau\rho = G\theta\rho. \quad (5)$$

I (1) priklausomybę įrašę (5) išraišką, gauname:

$$T = \int_A G\theta\rho\rho dA = \int_A \rho^2 dA. \quad (6)$$

Įvertinus, kad $\int \rho^2 dA = I_p$, iš (6) formulės gauname:

$$T = G\theta I_p, \quad (7)$$

arba
$$\theta = \frac{T}{GI_p}. \quad (8)$$

Sandauga GI_p dažnai vadinama strypo skerspjūvio sukamuoju standumo moduli.

Kuo didesnė ši sandauga, tuo standesnis strypas ir tuo mažiau jis susisuka.

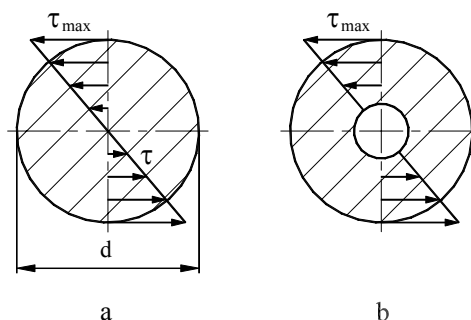
I (5) formulę įrašę (8) išraišką, gauname:

$$\tau_p = \frac{T\rho}{I_p}. \quad (9)$$

Didžiausias įtempimas yra, kai $\rho = d/2$, t.y.

$$\tau_{\max} = \frac{T\rho_{\max}}{I_p} = \frac{Td}{2I_p} = \frac{T}{W_p}. \quad (10)$$

Iš (9) lygties gaunama, kad apvaliame skerspjūvyje tangentiniai įtempimai pasiskirsto pagal tiesinę priklausomybę (6 pav.) – jie lygūs nuliui skerspjūvio centre ir turi didžiausią reikšmę jo periferijoje. Formulės (9) ir (10) tinka ne vien tik vientiso (6 pav.,a), bet ir žiedinio (vamzdinio) (6 pav.) skerspjūvio strypams skaičiuoti, kadangi jų deformavimo pobūdis yra vienodas.



6 pav. Tangentiniai įtempimai apvaliame skerspjūvyje

Sukamo strypo deformaciją arba susukimo kampą $d\varphi$ gausime santykinį susisukimo kampą θ padauginę iš ilgio dz , t.y.

$$d\varphi = \theta dz = \frac{T}{GI_p} dz. \quad (11)$$

Iš (11) lygybės susisukimo kampas, apskaičiuotas pjūvyje z , yra lygus:

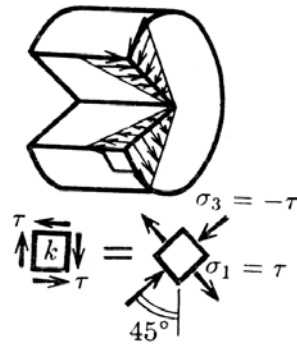
$$\varphi_z = \int_0^z \frac{Tdz}{GI_p} = \frac{Tz}{GI_p}. \quad (12)$$

Tada viso strypo susisukimo kampas yra lygus:

$$\varphi = \frac{Tl}{GI_p}. \quad (13)$$

2.1.3. Apvalaus sukamo strypo įtempimų būvis ir irimas

Anksčiau esame gavę, kad sukamo strypo skersiniame pjūvyje veikia tangentiniai įtempimai, kurie dėl dualumo savybės būdami tokio pat dydžio veiks ir išilginiame pjūvyje (7 pav.) [29-31].



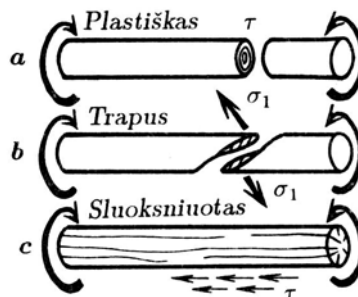
7 pav. Tangentiniai įtempimai išilginiame pjūvyje

Todėl bet kurioje vietoje, nutolusioje nuo geometrinės strypo ašies atstumu ρ , išplovę mažų matmenų stačiakampį gretasienį, gausime, jog keturiose sienelėse veikia τ (7 pav.), o joms statmenose $\tau=0$. Toks įtempimų būvis vadinamas *grynąja šlytimi*. Šių įtempimų buvimą galima stebėti sukant medinį strypą, kuris neatsparus skėlimui, todėl jį sukant bandiniai skyla pirmiausia išilginiuose pjūviuose. Esant grynajai šlyčiai yra plokščias įtempimų būvis, kur abu svarbiausieji įtempimai yra vienodo dydžio, tik priešingo ženklo ir lygūs tangentiniam įtempimams.

$$\sigma_1 = \tau, \sigma_3 = -\tau. \quad (14)$$

Svarbiausių įtempimų plokštumos su skersinio pjūvio plokštuma sudaro 45° kampą. Svarbiausieji tempimo įtempimai σ_1 lemia trapus strypo (pvz., ketaus, stiklo) suirimą, kuris atplėšia vieną strypo dalį nuo kitos. Tokių medžiagų irimo paviršius su skerspjūvio ašimi sudaro 45° kampą.

Vertinant sukamo strypo stiprumą, reikia nepamiršti, kad grynoji šlytis yra dviašis įtempimų būvis ir todėl greta svarbiausiojo įtempimo σ_1 savo įtaką daro ir $\sigma_3 = -\tau$. Todėl tokiais atvejais stiprumo sąlygą tenka formuluoti, pasitelkiant kurią nors stiprumo teoriją. Kadangi tangentiniai įtempimai veikia ir skersiniame pjūvyje, tai sukamas strypas gali suirti veikiant tangentiniam kirpimo įtempimams.



8 pav. Sukamas strypas

Plastiškoms medžiagoms pavojingi būtent tangentiniai kirpimo įtempimai ir jos suyra skersiniame pjūvyje. Sukami strypai gali suirti trejopai, kai irimo paviršius:

- statmenas strypo ašiai, suirimo priežastis – kirpimo tangentiniai įtempimai strypo skerspjūvyje;
- su skerspjūvio plokštuma sudaro 45° kampą, suirimo priežastis – svarbiausieji tempimo įtempimai $\sigma_1 = \tau$.
- lygiagretus išilginei strypo ašiai, suirimo priežastis – tangentiniai įtempimai išilginiuose strypo pjūviuose.

2.1.4. Sukamų strypų skaičiavimas stiprumui ir standumui

Sukamų apvalių strypų skersmuo parenkamas pagal leistinuosius įtempimus ir leistinąjį susisukimo kampą iš stiprumo ir standumo sąlygų [27-31].

Pagal stiprumo sąlygą turime, kad

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_p} \leq \tau_{adm}, \quad (15)$$

čia T – absoliučiai didžiausias sukimo momentas pavojingame pjūvyje;

τ_{\max} – leistinasis tangentinis įtempimas sukimui. Praktikoje plastiškiems plienams $\tau_{adm} = (0.5 - 0.6)\sigma_{adm}$ (σ_{adm} – leistinieji įtempimai tempimui).

W_p – polinis atsparumo momentas. Apvaliam strypui $W_p = \frac{\pi d^3}{16}$, todėl

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi \tau_{adm}}}. \quad (16)$$

Pirmoji - stiprumo sąlyga, gali būti patenkinta, tačiau gali būti gautas per didelis susisukimo kampas

$$\varphi_{\max} = \frac{T \cdot l}{G \cdot I_p} \leq \varphi_{adm} \quad (17)$$

arba santykinis susisukimo kampas

$$\theta_{\max} = \frac{T}{G \cdot I_p} < \theta_{adm}. \quad (18)$$

Čia θ_{adm} - leistinas susukimo kampas visame strypo ilgyje, o θ_{adm} - leistinasis susisukimo santykinis kampas. Tada

$$\theta_{adm} = (0,25 - 3,5) \cdot 10^{-2} / m \text{ arba } \theta_{adm} = 0,15 - 2^\circ / m.$$

Iš (17) lygties apskaičiuojamas veleno skerspjūvis pagal standumą. Įrašę $I_p = \frac{\pi d^4}{32}$ gauname, kad:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32T}{\pi G \theta_{adm}}}. \quad (19)$$

Leistina sukimo momento reikšmė apskaičiuojama taip

$$T_{adm} \leq \theta_{adm} \cdot G \cdot I_p. \quad (20)$$

Iš dviejų veleno skersmens reikšmių, gautų skaičiuojant pagal leistinuosius įtempimus ir leistinąjį susisukimo kampą, imama gauta didesnioji skersmens reikšmė. Paprastai didesnis skersmuo gaunamas pagal (19) formulę.

2.1.5. Potencinė energija sukant

Sukamo strypo darbas bei potencinė energija randama analogiškai kaip tempiant ir lenkiant [28]. Veikiant sukimo įrašai T (5 pav.), strypo elementas susisuka kampu $d\varphi$. Šiai deformacijai sunaudojamas darbas dP , kuris virsta potencine energija dU :

$$dP = dU = 0,5Td\varphi. \quad (21)$$

Vietoje $d\varphi$ įrašę gautą (11) išraišką $d\varphi = \frac{Tdz}{GI_p}$, gauname, kad:

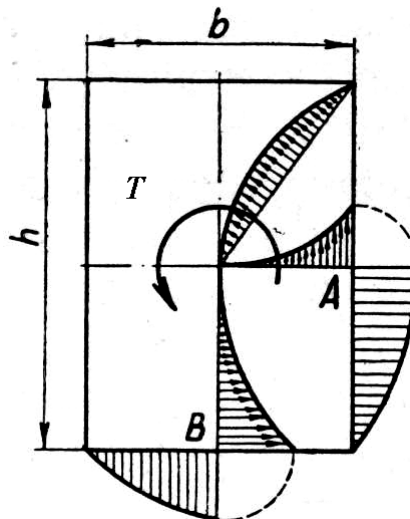
$$dU = \frac{1}{2} \frac{T^2 dz}{GI_p}. \quad (22)$$

Viso strypo energija bus gauta potencinę energiją dU suintegravus visame strypo ilgyje. Todėl įvertinę (13) lygties išraišką, gauname:

$$P = U = \int_0^l \frac{T^2 dz}{2GI_p} = \frac{T^2 l}{2GI_p} = \frac{1}{2} T\varphi. \quad (23)$$

2.1.6. Sukamų neapvalių strypų skaičiavimas

Dažnai susiduriama su sukamais stačiakampio ar panašios formos strypais, kurių pjūviai deformuojant neišlieka plokšti, t.y. jie iškrypsta, todėl negalime pritaikyti plokščių pjūvių hipotezės ir tenka spręsti tamprumo teorijos metodais [27]. Neapvalių strypų deformacijoms nustatyti naudojami tamprumo teorijos metodai arba paprasčiausias kvadratėlių išbraižymas jo išoriniame paviršiuje. Pagal labiausiai iškreiptus elementus sprendžiama apie deformacijų pobūdį. Dažnai tenka nagrinėti sukamus stačiakampio skerspjūvio strypus. Tangentinių įtempimų pasiskirstymas pateiktas 9 pav. Jame matyti, kad didžiausi įtempimai gaunami ten, kur susikerta skerspjūvio ilgesnioji kraštinė ir trumpesnioji simetrijos ašis.



9 pav. Tangentinių įtempimų pasiskirstymas

Kiek mažesnis įtempimas yra trumpiausios kraštinės viduryje, o kampuose įtempimai lygūs nuliui.

Įtempimai taškuose A ir B apskaičiuojami pagal formules:

$$\tau_A = \tau_{\max} = \frac{T}{\alpha b^2 h}, \quad (24)$$

$$\tau_B = \eta \tau_{\max}. \quad (25)$$

Stypo susisukimo kampas randamas taip:

$$\varphi = \frac{Tl}{G\beta b^3 h}. \quad (26)$$

Čia α , β , η – koeficientai priklausomi nuo h/b santykio ir randami iš lentelių. Kai santykis $h/b \geq 4$, $\alpha = \beta = 0,3$. Kai skaičiavimai nereikalauja didelio tikslumo ir $h/b = 1 \div \infty$, $\eta = 1,0 \div 0,75$.

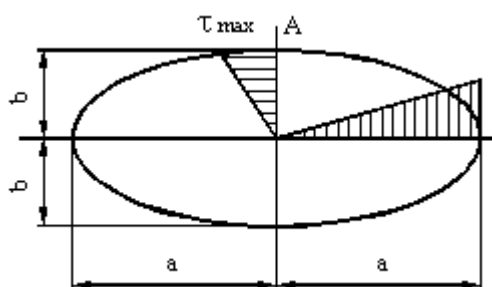
Elipsiniame skerspjūvyje didžiausi tangentiniai įtempimai veikia trumposios elipsės susikirtimo su kontūru taškuose (10 pav.)

$$\tau_{\max} = \frac{2T}{\pi \cdot a \cdot b^2}, \quad (27)$$

čia a – ilgesnis, b – trumpesnis elipsės pusašiai, o susisukimo kampas lygus:

$$\varphi = \frac{T \cdot L(a^2 + b^2)}{G \cdot \pi \cdot a^3 \cdot b^3}. \quad (28)$$

Taigi, sukamų neapvalių strypų analitinis sprendimas yra labai sudėtingas. Kai skerspjūvio forma gana sudėtinga, naudojamasi membraninės ir hidrodinaminės analogijų metodais. Membraninės analogijos metodas pagrįstas panašumu tarp sukamo strypo diferencialinių lygčių ir išgaubtos membranos, veikiant slėgiui, paviršiaus pusiausvyros lygčių.



10 pav. Tangentiniai įtempimai elipsiniame skerspjūvyje

Hidrodinaminė analogija pagrįsta panašumu tarp tekančio skysčio srauto greičių ir įtempimų [24].

2.1.7. Sukamų plonasienių vamzdžių skaičiavimas

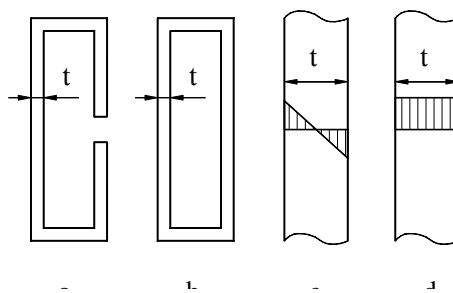
Dažnai naudojami plonasieniai vamzdžiai, kurių sienelės storis yra mažas, lyginant su kitais skerspjūvio matmenimis [27-29]. Jie gali būti atviro (11 pav., a), arba uždaro (11 pav., b) tipo. Įtempimų pasiskirstymai sienutėje (11 pav., c ir d) yra skirtingi. Atviro tipo plonasieniame vamzdyje įtempimas didžiausias ties sienutės kraštais, o uždaro - vienodi įtempimai per visą sienutės storį. Atviro tipo plonasieniuose vamzdžiuose įtempimai τ apskaičiuojami taip

$$\tau_a = \frac{3T}{t^2 s} \quad (29)$$

Susisukimo kampas apskaičiuojamas tokiu būdu:

$$\varphi_a = \frac{3T \cdot l}{G \cdot t^3 \cdot s}, \quad (30)$$

čia t – sienutės storis, o s – skerspjūvio kontūro ilgis.



11 pav. Įtempimų pasiskirstymai sienutėje

Uždaro tipo formos plonasieniams strypams įtempimai ir susisukimo kampas apskaičiuojami panaudojant (31, 32) formules.

$$\tau_u = \frac{2 \cdot T}{\pi \cdot D^2 \cdot t}; \quad (31)$$

$$\varphi_u = \frac{4 \cdot T \cdot l}{G \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t}. \quad (32)$$

Jei palyginsime įtempimų ir susisukimo kampų dydžius, atsirandančius atviro ir uždaro tipo apvalaus skersmens vamzdyje, tai gausime:

$$\frac{\tau_a}{\tau_u} = \frac{3T}{\pi \cdot D \cdot t^2} : \frac{2T}{\pi \cdot D^2 \cdot t} = \frac{3D}{2t}; \quad (33)$$

$$\frac{\varphi_a}{\varphi_u} = \frac{3T \cdot l}{G \cdot \pi \cdot D \cdot t^3} : \frac{4T \cdot l}{G \cdot \pi \cdot D^3 \cdot t} = \frac{3D^2}{4t^2}. \quad (34)$$

Taigi, įtempimai sutinka kaip D/t , o susisukimo kampas kaip D^2/t^2 , tačiau plonasienių strypų skersmuo D daug kartų didesnis už t . Vadinasi, uždaras profilis yra stipresnis ir daug standesnis negu tokių pat matmenų atviras profilis. Pavyzdžiui, kai $D = 100 \text{ mm}$, $t = 5 \text{ mm}$, gauname:

$$\frac{\tau_a}{\tau_u} = \frac{3 D}{2 t} = \frac{3 \cdot 100}{2 \cdot 5} = 30, \quad \frac{\varphi_a}{\varphi_u} = \frac{3 D^2}{4 t^2} = \frac{3 \cdot 10000}{4 \cdot 25} = 300.$$

Kaip matyti, atviro tipo vamzdyje įtempimai yra 30 kartų, o susisukimas net 300 kartų didesnis negu uždaro.

2.2. Daugiasluoksnių kūnų sukimas

2.2.1. Tangentinių įtempimų nustatymas

Nagrinėjant daugiasluoksniu sukamo strypo deformacijas ir laikant, kad nėra praslydimo tarp strypą sudarančių sluoksnių, o deformacijos yra tiesiog proporcingos atstumui nuo strypo centro, darbe [25] buvo gauta tokia tangentinių įtempimų formulė

$$\tau_{\rho i} = \frac{T \cdot \rho \cdot G_i}{K_s}. \quad (35)$$

čia G_i - sluoksniu šlyties modulis [Pa],

ρ - nagrinėjamo žiedo spindulius [m],

T - sukimo momentas [Nm],

K_s - daugiasluoksnio strypo standumas [Nm²].

Gauta, kad sukamo strypo bet kuriame sluoksnyje tangentių įtempimų dydis yra lygus sukimo momentui padalintam iš viso strypo skerspjūvio standumo sukimo atveju K_s ir padaugintam iš atstumo ρ iki nagrinėjamo sluoksnio ir to sluoksnio šlyties modulio.

Analizuojant (35) formulę gauta, jog tangentių įtempimų diagramoje, pereinant iš vieno sluoksnio į kitą, bus gautas įtempimų šuolis proporcingas šlyties modulių santykiui tarp šių sluoksnių. Analogiškai normalinių įtempimų formulei galima parašyti, kad

$$\tau_{\rho_{i+1}} = \tau_{\rho_i} \frac{G_{i+1}}{G_i}. \quad (36)$$

Iš medžiagų mechanikos kurso žinoma, jog sukamame strype tangentiniai įtempimai veikia ne tik skersiniame jo pjūvyje, bet dėl įtempimų dualumo, tokio pat dydžio tik priešingos krypties tangentiniai įtempimai veikia ir išilginiuose strypo pjūviuose. Be to įstrižuose 45° pjūviuose veikia normaliniai tempimo ir gniuždymo įtempimai, kurių dydis lygus tangentių įtempimų dydžiams, apskaičiuotiems pagal (36) formulę. Tokiu būdu apskaičiuotas įtempimų reikšmes būtina palyginti su strypą sudarančių medžiagų atsparumu šlyčiai įvairiomis kryptimis. Būtina atminti, jog tokių plačiai naudojamų medžiagų kaip stiklo ar anglies plastikų atsparumas šlyčiai labai skiriasi ir tai priklauso nuo armuojančio audinio išdėstymo kampo.

2.2.2. Sukamo strypo standumas ir deformacijos

Sukamo daugiasluoksnio strypo standumas išreiškiamas formule [27, 29]:

$$K_s = \sum_{i=1}^n G_i \cdot I_{pi} = I_{pk} \cdot G_k \quad (37)$$

čia I_{pi} - polinis skerspjūvio inercijos momentas [m⁴].

Sukamo daugiasluoksnio strypo ekvivalentinis šlyties modulis G_k apskaičiuojamas žinant atskirų sluoksnių šlyties modulius G_i , sluoksnių polinius inercijos momentus I_{pi} ir viso strypo polinį inercijos momentą $I_k = \sum_{i=1}^n I_{pi}$ pagal šią išraišką:

$$G_k = \frac{G_1 I_{p1}}{I_{pk}} + \frac{G_2 I_{p2}}{I_{pk}} + \dots + \frac{G_n I_{pn}}{I_{pk}}. \quad (38)$$

čia I_{pk} - visos konstrukcijos skerspjūvio polinis momentas [m^4].

Sukamo apvalaus daugiasluoksnio strypo deformacija arba susukimo kampas φ_z bet kuriame pjūvyje randamas iš lygties [38]:

$$\varphi_z = \frac{T \cdot z}{K_s} \quad (39)$$

čia z - nagrinėjamas išilginis skerspjūvis nuo strypo galo [m].

Viso daugiasluoksnio strypo maksimalus susukimo kampas [rad] apskaičiuojamas taip:

$$\varphi_{\max} = \frac{T \cdot l}{K_s} \quad (40)$$

čia l - strypo ilgis [m].

Gautasis susukimo kampas yra sukamo strypo absoliutinė šlyties deformacija dėl skerspjūvyje veikiančių tangentiųjų įtempimų. Kaip žinome, įstrižuose pjūviuose veikia normaliniai įtempimai ir juose gaunama didžiausia linijinė deformacija. Kai įstrižo pjūvio kampas lygus 45° , tada:

$$\varepsilon_i = \pm \frac{1}{E_k} (\sigma_1 - \nu_i \sigma_3) = \pm \frac{\tau_{\rho i}}{E_k} (1 + \nu_i) \quad (41)$$

čia ε_i - santykinė deformacija,

ν_i - Puasono koeficientas (nedimensinis dydis),

E_k - konstrukcijos standumo modulis [Pa].

Jei skaičiuojamos didžiausios linijinės deformacijos, kurios atsiranda strypo paviršiuje, tai (41) formulėje imama paviršinio sluoksnio tangentinių įtempimų reikšmė ir paviršinio sluoksnio medžiagos Puasono koeficiento reikšmė. Ši formulė leidžia nustatyti bet kuriame sluoksnyje kylančias deformacijas. Tai būtina, kai strypai daugiasluoksniai, nes atskirų sluoksnių leistini deformacijų dydžiai yra skirtingi.

Tokiu būdu pateikti duomenys yra prielaida proceso modeliavimo algoritmo sudarymui.

Iš aukščiau pateiktų formulių galima daryti išvadas, kad skaičiuojant daugiasluoksnių strypų įtempimus būtina turėti tokius parametrus:

- strypo ilgį L (mm);
- strypo sukimo momentą T (Nm);
- vidinį strypo spindulį R (mm);
- sluoksnio storį t (mm);
- sluoksnio medžiagą;
- medžiagos šlyties modulį G (MPa).

Įvertinant daugiasluoksnių medžiagų esamas konstrukcijas galima priimti, kad yra tokie parametrų maksimalių verčių apribojimai:

- medžiagų kiekis – ne daugiau 100;
- sluoksnių kiekis – ne daugiau 100.

Šių konstrukcijų atsparuminiai skaičiavimo rezultatai turėtų būti:

- įtempimų diagrama;
- skaitinės reikšmės.

3. PROJEKTINĖ DALIS

Iš duomenų pateiktų analitinėje dalyje sudaroma vartotojo sąsaja, skirta šių duomenų įvedimui bei tvarkymui, o taip pat ir skaičiavimo rezultatų pateikimo vartotojui sąsaja. Kadangi programoje nėra iteracinių skaičiavimų, tai vartotojui nebus parodomi jokie skaičiavimo eigos pranešimai.

3.1. Reikalavimai projektuojamai sistemai

3.1.1. Duomenų tvarkymo vartotojo sąsaja

Sudaroma programa turi suteikti vartotojui galimybę įvesti, redaguoti tokius duomenis:

- Sudaryti naudojamų medžiagų sąrašą. Kiekvienos medžiagos šlyties modulio skaitinę reikšmę (G , MPa) įrašant į langelį ir paspaudžiant mygtuką įtraukti šią medžiagą į medžiagų sąrašą. Taip pat turi būti galimybė pasirinktą medžiagą pašalinti iš sąrašo.
- Vidinį strypo spindulį (R , mm). Duomenis įrašomi į langelį. Įrašymo metu turi būti tikrinama ar skaičius teigiamas ir apskritai ar tai skaičius.
- Sluoksnio storį (t , mm). Duomenis įrašomi į langelį ir įrašymo metu turi būti tikrinama ar skaičius teigiamas ir apskritai ar tai skaičius. Įrašytą sluoksnio storį paspaudus mygtuką įtraukti į sluoksnių sąrašą.
- Galimybę sukeisti sluoksnius vietomis.
- Galimybę panaikinti pasirinktą sluoksnį.
- Grafiškai atvaizduoti konstruojamo strypo skerspjūvio eskizą.
- Strypo sukimo momentą (T , Nm). Duomenis įvesti į langelį. Įrašymo metu turi būti tikrinama ar skaičius teigiamas ir apskritai ar tai skaičius.
- Strypo ilgį (L , mm). Duomenis įvesti į langelį. Įrašymo metu turi būti tikrinama ar skaičius teigiamas ir apskritai ar tai skaičius.
- Pasirinkti nustatymus:
 - ♦ įtempimų epiūroje rodyti ar nerodyti sluoksnių linijas;
 - ♦ įtempimų epiūroje rodyti sluoksnių maksimalių įtempimų reikšmes.

Visi šie parametrai turi būti įrašomi arba redaguojami viename dialogo lange, kuris turėtų būti suskirstytas į atskiras sritis:

- medžiagų sąrašo sudarymas;
- sluoksnių sistemos sudarymas;
- apkrovos ir strypo parametrų parinkimas;
- papildomos priemonės vartotojui.

Sudarytą strypo konstrukciją su parinktomis kiekvieno sluoksnio medžiaga ir storiu turi būti įrašoma į tekstinį failą, kuris turėtų būti skaitomas įprastomis Windows terpės teksto tvarkymo priemonėmis. Pavyzdžiui, Notepad, WordPad. Sudaroma programa turėtų turėti galimybę atverti šiuos failus ir nuskaityti juose įrašytą informaciją. Įprastą, kad šie veiksmai realizuojami komandomis **Saugoti** (Save), **Atidaryti** (Open), atvėrus **Bylos** (File) meniu.

3.1.2. Programos vykdymo vartotojo sąsaja

Daugiasluoksnių konstrukcijų įtempimų skaičiavimai atliekami tik po to, kai visi konstrukcijos parametrai jau sutvarkyti. Įprasta, kad skaičiavimų valdymui yra naudojamas atskiras meniu punktas. Savo programoje sudarysiu atskirą meniu punktą pavadinimu **Darbas**.

3.1.3. Duomenų pateikimo vartotojo sąsaja

Skaičiavimo rezultatai pateikiami atskirame lange, kuriame turėtų būti pateikti pradiniai duomenys, skaitiniai skaičiavimo rezultatai ir įtempimų epiūros – grafiniai skaičiavimo rezultatai. Šis langas turėtų būti padaromas aktyviu pasirenkant meniu **Langai** (Window). Šio lango turinys turėtų būti kopijuojamas į laikinąją atmintį (Clipboard). Redaguoti meniu punkto priemonėmis – kopijuoti (Copy).

3.1.4. Pagalbos pateikimo vartotojo sąsaja

Vartotojas turėtų surasti pakankamai informacijos apie sprendžiamą problemą, programos galimybes ir jos valdymą pagalbos lange, kuris atveriamas pasirenkant **Pagalba** (Help) meniu punktą. Pagalbos failas turėtų būti savarankiškas ir veikti nepriklausomai nuo pačios programos. Tai leistų vartotojui susipažinti su programos teikiamomis galimybėmis, neturint pačios programos. Pagalbos lange vienu metu turėtų būti matomas turinys ir pasirinkto pagalbos skyriaus informacija.

3.2. Duomenų struktūra

Kadangi konstruojama konstrukcija gali būti sudaryta iš daug sluoksnių su įvairiomis medžiagų charakteristikomis ir skirtingais sluoksnių storiais, tai tikslinga turėti galimybę konkrečios konstrukcijos duomenis įrašyti į failą, atspausdinti, nukopijuoti.

Programa turėtų leisti skaičiavimo rezultatus išspausdinti tiesiogiai iš programos, visus rezultatus arba dalį perkelti į MS Office dokumentų formatą MS Word. Tikslinga, kad būtų galima panaudoti įprastas vartotojui Copy ir Paste Windows priemonės. Šios priemonės turėtų būti pagrindiniame meniu bei mygtukais, kurių piktogramos turi sutapti su Windows terpėje naudojamomis piktogramomis bei klavišų deriniais.

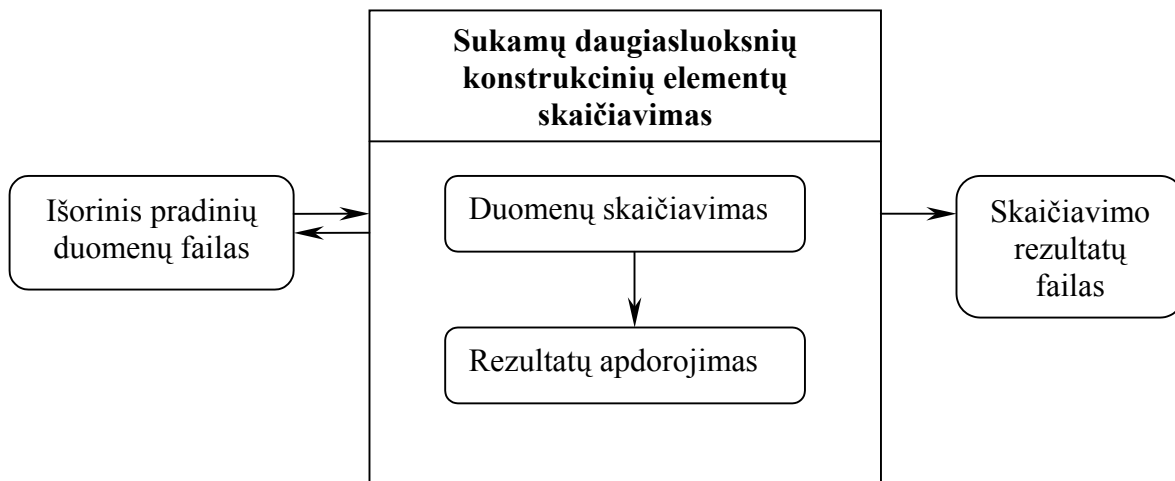
Vartotojo įrašyti duomenys apie skaičiuojamą konstrukciją gali būti laikomi tekstiniame faile. Duomenų struktūra tokia:

1 lentelė. Duomenų struktūra

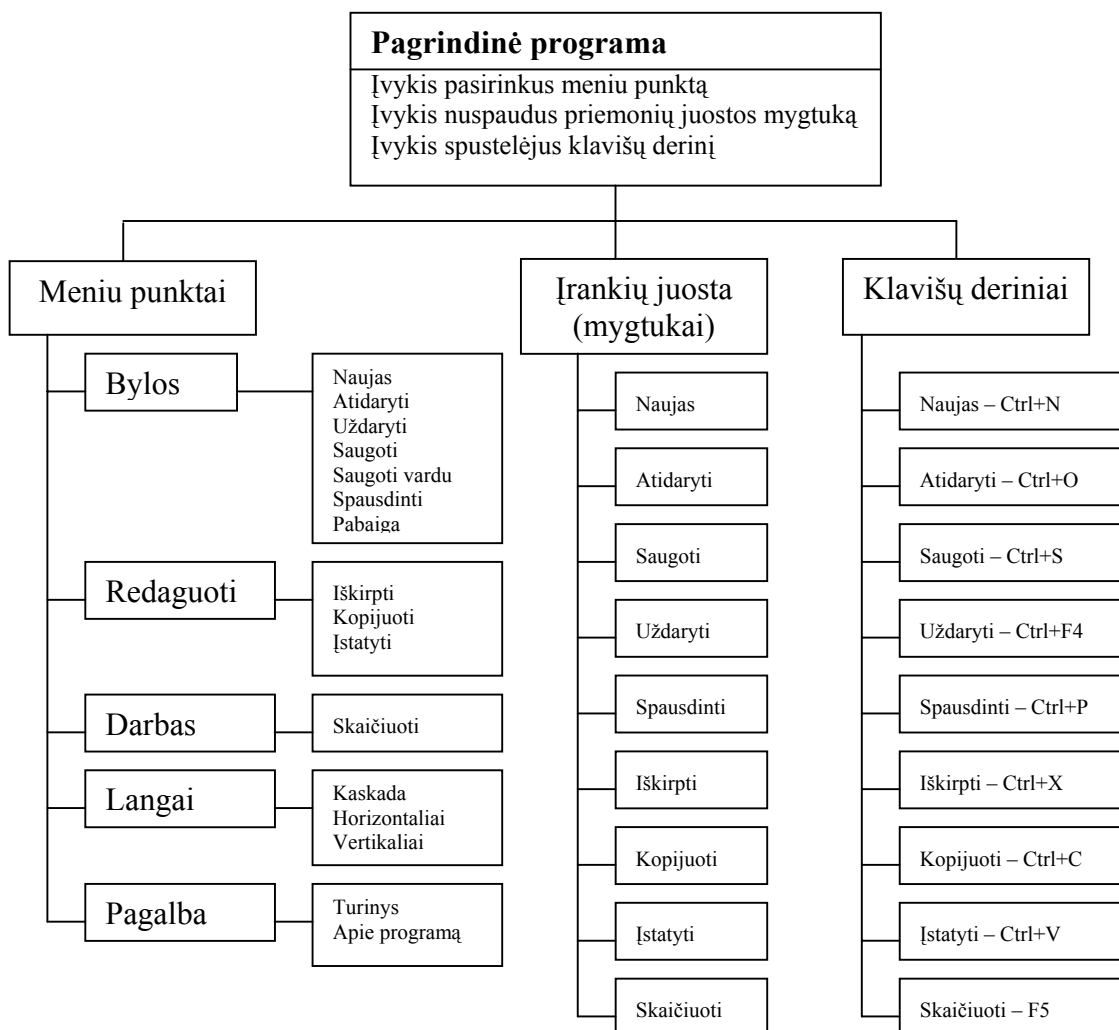
Eil.Nr.	Duomenų paskirtis	Pastaba
1.	Medžiagų kiekis (iš kiek medžiagų konstruojamas strypas)	Medžiagos aprašo pradžia
2.	Pirmos medžiagos šlyties modulis (MPa)	
3.	...	
4.	N-osios medžiagos šlyties modulis (MPa)	
5.	...	
6.	Paskutiniosios medžiagos šlyties modulis (MPa)	
7.	Strypo kiaurymės spindulys (mm)	Sluoksnių aprašo pradžia
8.	Sluoksnių kiekis	
9.	Pirmojo sluoksnio storis (mm)	
10.	Medžiagos numeris pirmajam sluoksniui	
11.	
12.	N-ojo sluoksnio storis (mm)	
13.	Medžiagos numeris N-ajam sluoksniui	
14.	...	
15.	Paskutiniojo sluoksnio storis (mm)	
16.	Medžiagos numeris paskutiniajam sluoksniui	
17.	Strypo sukimo momentas (Nm)	
18.	Strypo ilgis (mm)	

3.3. Projektuojamos programos architektūra

Sužadinus programą ekrane turi atsirasti pagrindinis programos langas, o pati programa turi laukti vartotojo veiksmų. Grafiškai atvaizduota programinės įrangos struktūra (12 pav.) ir kreipinių hierarchija (13 pav.).



12 pav. Programinės įrangos struktūra



13 pav. Programos kreipinių hierarchija

3.3.1. Projektuojamos programos langas

Sužadinus programą turėtų atsiverti programos langas, kuriame bus šie pagrindiniai elementai:

1 - Antraštės juosta su programos pavadinimu.

2 – Sisteminis meniu, turintis standartines komandas (Restore, Move, Size, Minimize, Maximize, Close).

3 – Programos lango valdymo standartiniai mygtukai (Restore, Minimize, Maximize, Close).

4 – Meniu eilutė, sudaryta iš įprastinių standartinių (File, Edit, Window, Help) punktų ir vartotojui skirtu darbui su projektuota programa (Darbas) meniu punktu.

5 – Įrankių juosta, turinti standartinius mygtukus (New, Open, Save, Print, Cut, Copy, Paste) ir mygtuką darbui su programa.

Programos sisteminį meniu sudaro šios standartinės komandos:



14 pav. Programos sisteminis meniu

Restore – lango pradinio dydžio sugražinimas;

Move – perkelti langą į kitą vietą;


Size – lango didinimas arba mažinimas;


Minimize – lango sutraukimo komanda;

Maximize – lango išskleidimo komanda;


Close – lango užvėrimo komanda.

Programos valdymo mygtukų paskirtis:

 – lango sutraukimo mygtukas (Minimize);

 – lango išskleidimo mygtukas (Maximize);

 – lango pradinio dydžio sugražinimo mygtukas (Restore);

 – lango užvėrimo mygtukas (Close).

3.3.2. Projektuojamos programos pagrindinis meniu

Pagrindiniai meniu punktai turėtų būti tokie:

- **bylos;**
- **redaguoti;**
- **darbas;**

- **langai;**
- **pagalba.**

Kaip ir visose MS Office programose, taip ir šioje, turi būti galimybė kiekvieną meniu punktą išskleisti paspaudus klavišų derinį. Pavyzdžiui, **Alt+B** atsidarys meniu punktas **Bylos**.

Meniu punkte **Bylos**, turėtų būti standartinės komandos:

- **Naujas** – atversti naują programos langą. Šiai komandai priskirti klavišų derinį **Ctrl+N**.
- **Atidaryti** – atverti failą ir skaityti duomenis iš jo. Šiai komandai priskirti klavišų derinį **Ctrl+O**.
- **Uždaryti** – uždaryti aktyvųjį langą. Šiai komandai priskirti klavišų derinį **Ctrl+F4**.
- **Saugoti** – išsaugoti suvestus strypo konstrukcijos duomenis. Šiai komandai priskirti klavišų derinį **Ctrl+S**.
- **Saugoti vardu** – tuos pačius duomenis išsaugoti kitu vardu arba į kitą disko vietą;
- **Spausdinti** – atspausdinti duomenis ir rezultatus. Šiai komandai priskirti klavišų derinį **Ctrl+P**.
- **Pabaiga** – baigti darbą su programa, t.y. uždaryti programą.

Atlikus komandą **Atidaryti** turi atsidaryti tipiškas dialogo langas (priedai, 27 pav.), kuriame būtų galima pasirinkti failą.

Atlikus komandą **Saugoti vardu** turi atsidaryti tipiškas dialogo langas (priedai, 28 pav.), kuriame būtų galima nurodyti į kur norime išsaugoti duomenis bei suteikti failui vardą.

Meniu punkte **Redaguoti**, turėtų būti standartinės komandos:

- **Iškirpti** – pažymėtus duomenis iškirpti į laikinąją atmintį. Šiai komandai priskirti klavišų derinį **Ctrl+X**.
- **Kopijuoti** – nukopijuoti pažymėtus duomenis į laikinąją atmintį. Šiai komandai priskirti klavišų derinį **Ctrl+C**.
- **Išstatyti** – įstatyti duomenis iš laikinosios atminties. Šiai komandai priskirti klavišų derinį **Ctrl+V**.

Meniu punkte **Darbas**:

- **Skaičiuoti** – panaudojant suvestus duomenis į programos langą, apskaičiuoti įtempimus ir pateikti skaičiavimo rezultatus bei grafinį vaizdą. Šiai komandai priskirti funkcinį klavišą **F5**.

Meniu punkte **Langai**, turėtų būti standartinės komandos:

- **Kaskada** – langai ekrane išdėstomi pakopomis;







- **Horizontaliai** - langai ekrane išdėstomi horizontaliomis juostomis;
- **Vertikalčiai** - langai ekrane išdėstomi vertikaliomis juostomis.

Meniu punkte **Pagalba**:

- **Turinys** – turėtų atsidaryti dialogo langas, kuriame būtų pateikta pilna informacija apie programą, t.y. programos žinynas;
- **Apie programą** – turėtų atsidaryti langas, kuriame būtų pateikta informacija apie programos autorių.

3.3.3. Projektuojamos programos įrankių juosta

Įrankių juostoje turėtų būti standartiniai mygtukai (piktogramos):

- **Naujas**  – atvers naują programos duomenų įvedimo langą.
- **Atidaryti**  – atvers išsaugotus duomenis.
- **Saugoti**  – įrašys duomenis į atmintį.
- **Uždaryti** – uždaryti duomenų langą.
- **Spausdinti**  – atspausdinti duomenis.
- **Iškirpti**  – iškirpti pažymėtus duomenis.
- **Kopijuoti**  – kopijuoti pažymėtus duomenis.
- **Įstatyti**  – įstatyti duomenis, kurie buvo nukopijuoti.
- **Skaičiuoti** – apskaičiuoti įtempimus ir pateikti rezultatus.

3.3.4. Duomenų įvedimo ir tvarkymo programos modulis

Duomenų įvedimo ir tvarkymo programos langą aptarnauja atskiras programos modulis, kuris ekrane pateikia patį dialogo langą (21 pav.). Dialogo lango objektai turi savo pavadinimus, kuriuos naudoja pati programa [32-34]. Jų pavadinimai parodyti 22 pav.

2 lentelė. Lango objektai

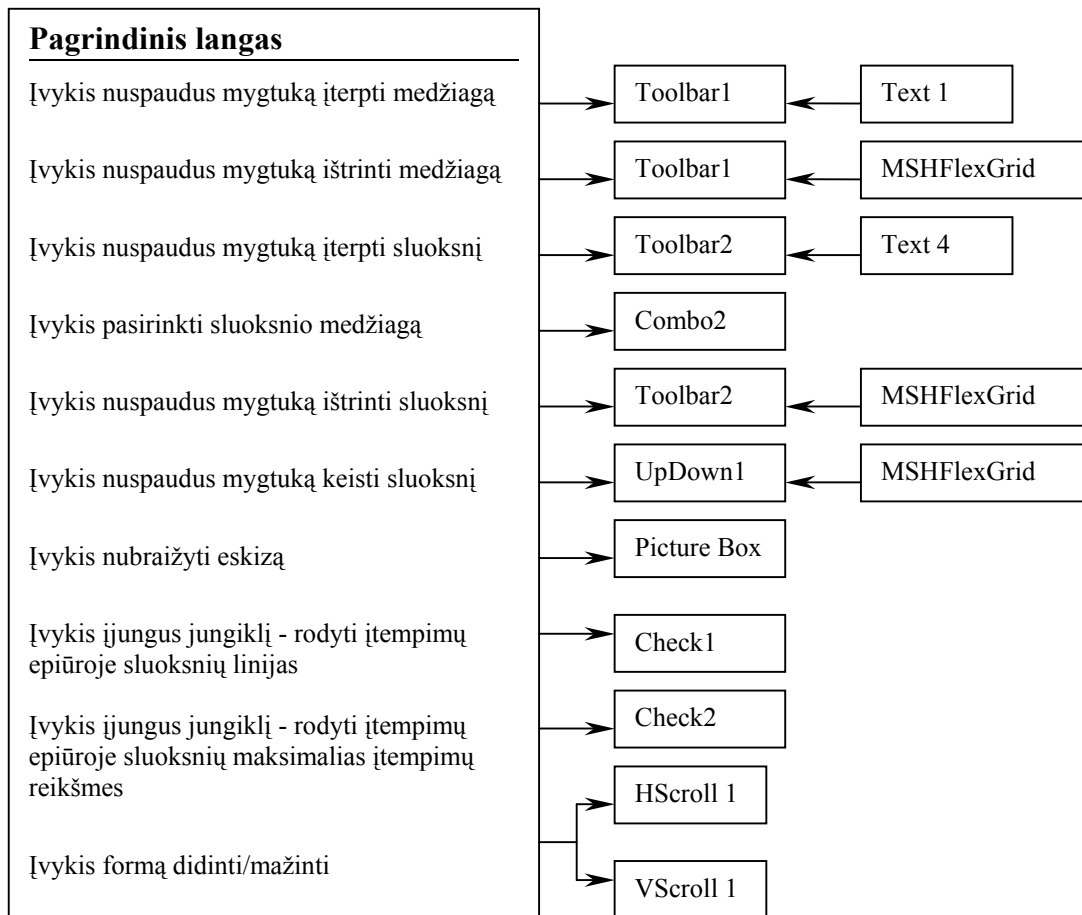
<i>Eil. Nr.</i>	<i>Skyrius</i>	<i>Objektas</i>	<i>Paskirtis</i>	<i>Pastaba</i>
1.	Medžiagos	Frame1	Grupės rėmelis	
		Text1	Medžiagos šlyties modulis G, MPa	

<i>Eil. Nr.</i>	<i>Skyrius</i>	<i>Objektas</i>	<i>Paskirtis</i>	<i>Pastaba</i>
		Label2	Text1 objekto pavadinimas – Medžiagos šlyties modulis G[1], MPa	
		Toolbar1	Medžiagos įterpimo į sąrašą ir pašalinimo iš sąrašo priemonės	
		MSHFlexGrid	Dviejų stulpelių sąrašas: pirmajame stulpelyje medžiagos šlyties modulių sąrašo eilės numeris, antrajame - medžiagos šlyties modulio skaitinė reikšmė	
		Label1	MSHFlexGrid objekto pavadinimas - Medžiagos	
2.	Sluoksniai	Frame2	Grupės rėmelis	
		Text2	Vidinis strypo spindulys	
		Label3	Text2 objekto pavadinimas – Vidinis strypo spindulys R[0], mm	
		Text3	Sluoksnio storis	
		Label4	Text3 objekto pavadinimas – Sluoksnio storis t[1], mm	
		Combo2	Išskleidžiamasis sąrašas – Sluoksnio medžiaga	
		Label5	Combo2 objekto pavadinimas - Sluoksnio medžiaga	
		MSHFlexGrid	Trijų stulpelių sąrašas: pirmajame stulpelyje sluoksnio numeris, antrajame – sluoksnio storis, trečiajame - medžiagos šlyties modulio skaitinė reikšmė	
		Label8	MSHFlexGrid objekto pavadinimas – Didžiausią numerį turi išorinis sluoksnis	

<i>Eil. Nr.</i>	<i>Skyrius</i>	<i>Objektas</i>	<i>Paskirtis</i>	<i>Pastaba</i>
		Toolbar2	Sluoksniu įterpimo į sąrašą ir pašalinimo iš sąrašo priemonės	
		UpDown1	Sluoksnių eiliškumo tvarkymo priemonė, perkeltanti išrinktą sluoksnį į kitą sąrašo vietą	
		Picture1	Konstruojamo objekto grafinis eskizas	
3.	Apkrova ir strypo ilgis	Frame3	Grupės rėmelis	
		Text4	Strypo sukimo momentas	
		Label6	Text4 objekto pavadinimas – Strypo sukimo momentas T, Nm	
		Text5	Strypo ilgis	
		Label7	Text5 objekto pavadinimas – Strypo ilgis L, mm	
4.	Nustatymai	Check1	Jungiklis valdantis įtempimų epiūrų brėžimo būseną – brėžti arba ne sluoksnių linijas	
		Check2	Jungiklis valdantis įtempimų epiūrų brėžimo būseną – brėžti arba ne sluoksnių maksimalias įtempimų reikšmes	
5.	Pagalbinės priemonės	HScroll1	Horizontali slinkties juosta	Ji bus aktyvi jei lange nebus matomi visi objektai
		VScroll1	Vertikali slinkties juosta	Ji bus aktyvi jei lange nebus matomi visi objektai

Kiekvienas įvykis dialogo lange susietas su konkrečiu objektu. Įvykio aptarnavimui taip pat naudojama informacija iš kitų dialogo lango objektų. Pavyzdžiui, medžiagos įterpimo

įvykio metu yra panaudojamas objektas Toolbar1 ir įvykį aptarnaujant yra nuskaitoma informacija iš objekto Text1. Ryšys tarp objektų ir įvykių pateiktas 15 pav.



15 pav. Įvykių ir objektų tarpusavio ryšys

3.4. Programos objektų specifikacijos

Programa sudaryta iš kelių langų, kuriuose laikomi vartotojo sąsajos objektai. Kiekvienas langas turi savo paskirtį: duomenų įvedimas ir tvarkymas, skaičiavimo rezultatai ir pagalba vartotojui.

3.4.1. Programos langų vardai

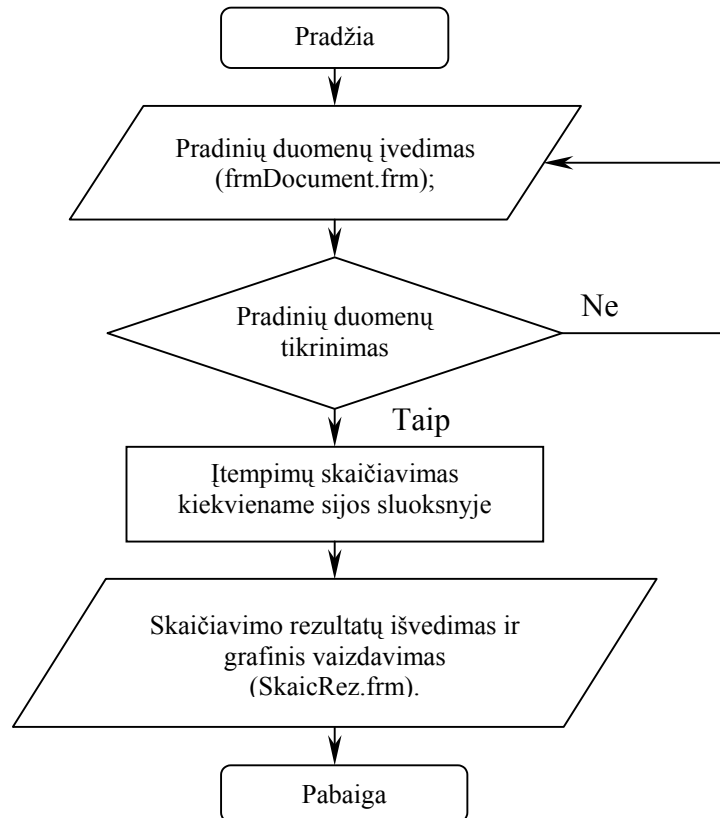
Suprojektuotą sistemą sudaro šie langai:

- Apie programą (ApiePrograma.frm);
- Pagrindinė forma (frmDocument.frm);

- Programos langas (frmMain.frm);
- Skaičiavimo rezultatai (SkaicRez.frm).

3.4.2. Programos naudojimo algoritmas

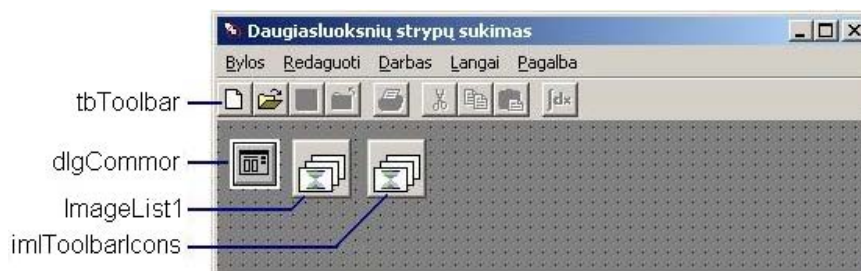
Programai yra pateikiami duomenys, kuriuos vartotojas gali papildyti, redaguoti. Po to atliekami skaičiavimai ir rezultatų vizualizacija.



16 pav. Programos algoritmas

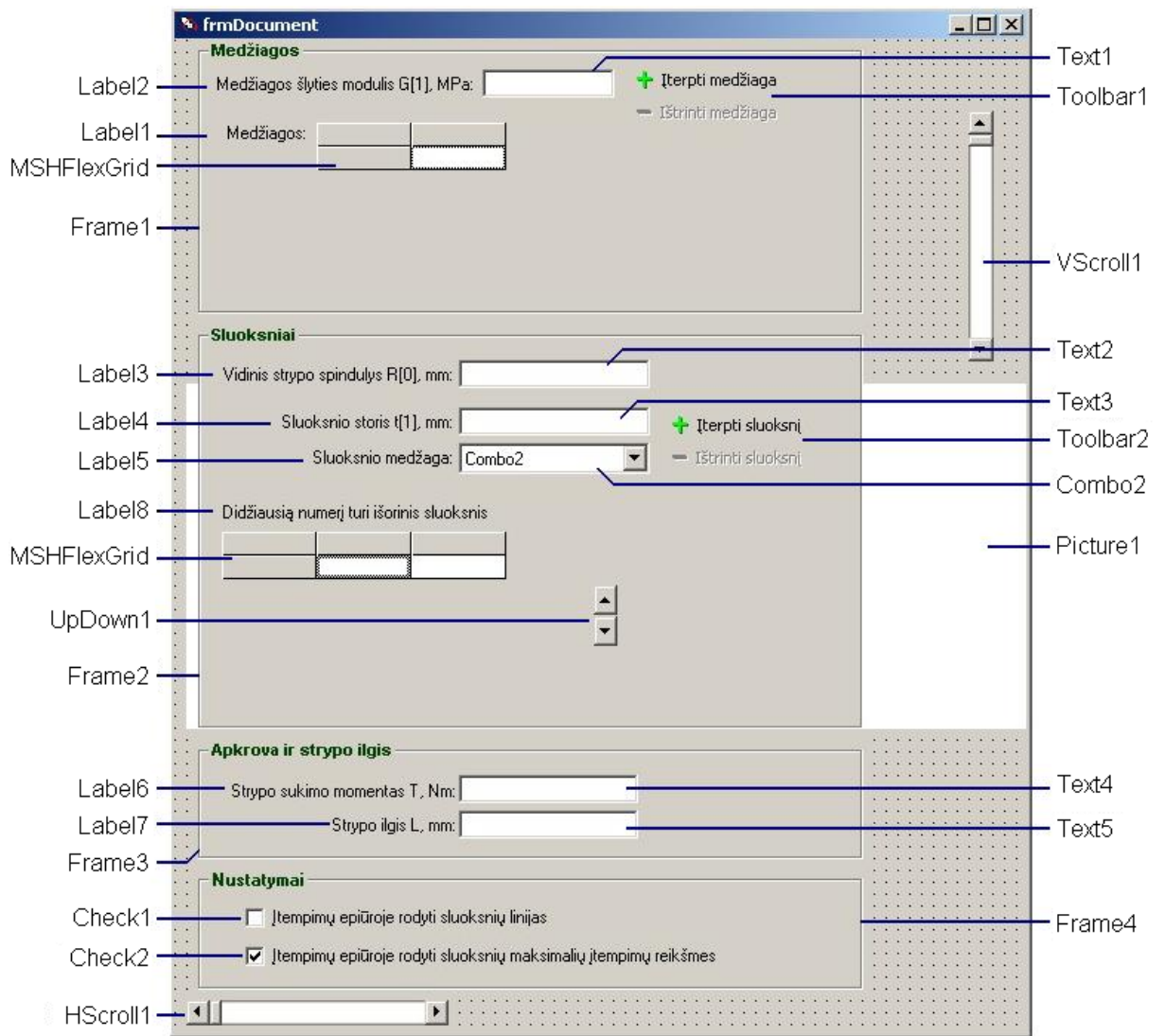
3.4.3. Programos duomenų struktūra

- Programos langas frmMain.frm turi savyje antraštės juostą, pagrindinio meniu juostą, įrankių juostą. Lango vaizdas pateiktas 17 pav.



17 pav. Programos langas frmMain.frm, jo objektai ir jų išdėstymas

- Pagrindinė duomenų įvedimo ir tvarkymo forma frmDocument.frm;



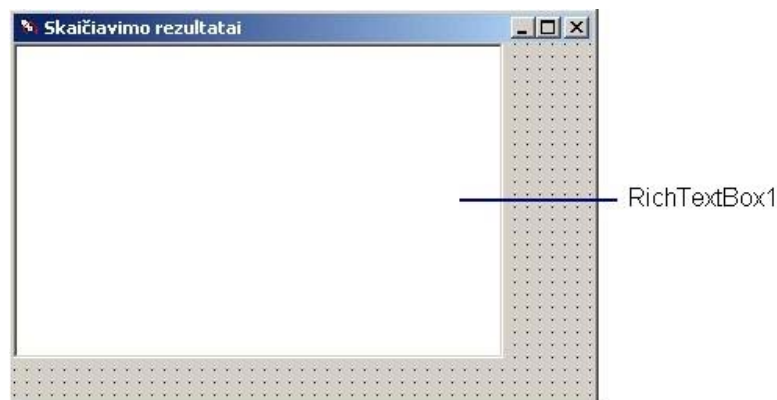
18 pav. Pagrindinė forma frmDocument.frm, jos objektai ir jų išdėstymas

- Dialogo langas, pateikiantis informaciją apie programos pavadinimą, jos versiją bei autorių, ApieProgma.frm pateiktas 19 pav.



19 pav. Forma ApieProgma.frm, jos objektai ir jų išdėstymas

- Skaičiavimo rezultatų pateikimo forma SkaicRez.frm. Joje yra tik vienas objektas - RichTextBox1, skirtas formatuoto teksto ir paveikslo išvedimui (20 pav.).



20 pav. Programos langas – skaičiavimo rezultatai SkaicRez.frm

3.5. Testavimo medžiaga

1. Vartotojo klaidų testavimas.
2. Programos fizinio matematinio modelio uždavinio sprendimas.

Programos testas - atliktas naudojant automatizuotą testavimą. Pratestuoti įterpimo, šalinimo funkcijas. Patikrinti, kaip šios funkcijos keičia duomenis. Testo kriterijus – modifikuoti duomenys turi sutapti su reikalavimais.

Situacijų valdymo ir klaidų apdorojimo testu bus testuojama, kaip duomenų įvedimas atitinka specifikaciją.

Interfeiso testu bus tikrinama, kaip programa reaguoja į konkrečias komandas (ar atitinkamo mygtuko paspaudimas atitinka reikiamą komandą). Testavimas bus atliekamas tik rankiniu būdu.

Apkrovimo testas turėtų būti testuojama, kaip programa dirbs su labai dideliu kiekiu duomenų. Reikėtų nustatyti, ar programa dirbs teisingai, ar programos darbas labai sulėtės. Šiam testui reikėtų panaudoti tą pačią testo programėlę, kurią naudosime modulio testavimui, tik su dideliu kiekiu duomenų. Reikia išsiaiškinti, ar bus aptikta klaidų.

Daugelio vartotojų testas – programa bus testuojama, prisijungus dviems ir daugiau vartotojams.

Savo programą testuosime šiais aspektais:

1. programos fizinio matematinio modelio uždavinio sprendimas;
2. vartotojo klaidų testavimas.

3.5.1. Programos fizinio matematinio modelio uždavinio sprendimas

Galutinis funkcionavimo testas - apjungimo testas. Testuojamas pačios programos veikimas. Buvo tikrinama, kaip programa atitinka specifikaciją.

3 lentelė. Testas konstrukcijai su vienu sluoksniu

Pradiniai duomenys programai	Programos skaičiavimo rezultatai
<p><u>Strypas iš vieno sluoksnio</u></p> <p>Strypo ilgis: $L = 300.000 \text{ mm}$</p> <p>1-ojo sluoksnio vidinis spindulys: $R_v[1] = 0.00 \text{ mm}$</p> <p>1-ojo sluoksnio išorinis spindulys: $R_i[1] = 3.00 \text{ mm}$</p> <p>1-ojo sluoksnio šlyties modulis: $G[1] = 120.00 \text{ MPa}$</p> <p>Sukimo momentas: $T = 150.000 \text{ N m}$</p>	<p>Išorinis spindulys: $R_{\max} = 3.00 \text{ mm}$</p> <p>Polinis ploto inercijos momentas: $I_p = 127.23 \text{ mm}^4$</p> <p>Standumas šlyčiai: $K = 15268.14 \text{ N mm}^2$</p> <p>Šlyties įtempimai Tau: $\tau_{v[1]} = 0.000 \text{ MPa}$ $\tau_{i[1]} = 3536.777 \text{ MPa}$</p> <p>Pastaba: čia raidė 'v' žymi įtempimo reikšmę ties vidiniu sluoksnio spinduliu, o 'i' - ties išoriniu.</p> <p>Maksimalios šlyties įtempimo ir susisukimo kampo reikšmės: $\tau_{\max} = 3536.77651 \text{ MPa}$ yra 1 sluoksnyje. $\phi_{\max} = 2.94731 \text{ rad}$ yra strypo paviršiuje.</p>

4 lentelė. Testas konstrukcijai su trimis sluoksniais

Pradiniai duomenys programai	Programos skaičiavimo rezultatai
<p><u>Strypas iš trijų sluoksnių</u></p> <p>Strypo ilgis: $L = 1000.000 \text{ mm}$</p> <p>1-ojo sluoksnio vidinis spindulys: $R_v[1] = 10.00 \text{ mm}$</p> <p>1-ojo sluoksnio išorinis spindulys: $R_i[1] = 20.00 \text{ mm}$</p> <p>1-ojo sluoksnio šlyties modulis: $G[1] = 120.00 \text{ MPa}$</p> <p>2-ojo sluoksnio vidinis spindulys: $R_v[2] = 20.00 \text{ mm}$</p>	<p>Išorinis spindulys: $R_{\max} = 40.00 \text{ mm}$</p> <p>Polinis ploto inercijos momentas: $I_p = 4005530.63 \text{ mm}^4$</p> <p>Standumas šlyčiai: $K = 562345084.99 \text{ N mm}^2$</p> <p>Šlyties įtempimai Tau: $\tau_{v[1]} = 0.256 \text{ MPa}$ $\tau_{i[1]} = 0.512 \text{ MPa}$ $\tau_{v[2]} = 0.854 \text{ MPa}$ $\tau_{i[2]} = 1.280 \text{ MPa}$</p>

Pradiniai duomenys programai	Programos skaičiavimo rezultatai
2-ojo sluoksnio išorinis spindulys: $R_i[2] = 30.00 \text{ mm}$ 2-ojo sluoksnio šlyties modulis: $G[2] = 200.00 \text{ MPa}$ 3-ojo sluoksnio vidinis spindulys: $R_v[3] = 30.00 \text{ mm}$ 3-ojo sluoksnio išorinis spindulys: $R_i[3] = 40.00 \text{ mm}$ 3-ojo sluoksnio šlyties modulis: $G[3] = 120.00 \text{ MPa}$ Sukimo momentas: $T = 120.000 \text{ N m}$	$\tau_{v[3]} = 0.768 \text{ MPa}$ $\tau_{i[3]} = 1.024 \text{ MPa}$ Maksimalios šlyties įtempimo ir susisukimo kampo reikšmės: $\tau_{\text{max}} = 1.28035 \text{ MPa}$ yra 2 sluoksnyje. $\phi_{\text{max}} = 0.00021 \text{ rad}$ yra strypo paviršiuje.

5 lentelė. Testas konstrukcijai su šešiais sluoksniais

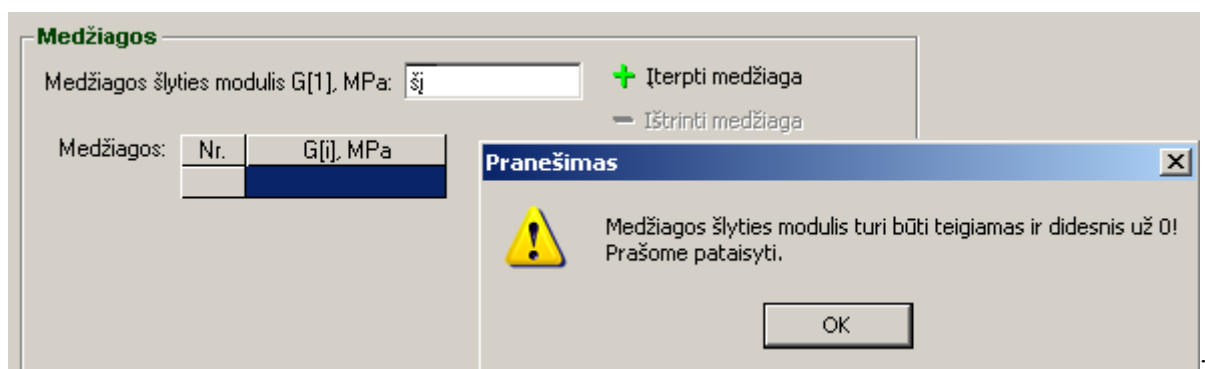
Pradiniai duomenys programai	Programos skaičiavimo rezultatai
<u>Strypas iš šešių sluoksnių</u> Strypo ilgis: $L = 1000.000 \text{ mm}$ 1-ojo sluoksnio vidinis spindulys: $R_v[1] = 20.00 \text{ mm}$ 1-ojo sluoksnio išorinis spindulys: $R_i[1] = 30.00 \text{ mm}$ 1-ojo sluoksnio šlyties modulis: $G[1] = 120.00 \text{ MPa}$ 2-ojo sluoksnio vidinis spindulys: $R_v[2] = 30.00 \text{ mm}$ 2-ojo sluoksnio išorinis spindulys: $R_i[2] = 45.00 \text{ mm}$ 2-ojo sluoksnio šlyties modulis: $G[2] = 150.00 \text{ MPa}$ 3-ojo sluoksnio vidinis spindulys: $R_v[3] = 45.00 \text{ mm}$ 3-ojo sluoksnio išorinis spindulys: $R_i[3] = 55.00 \text{ mm}$ 3-ojo sluoksnio šlyties modulis: $G[3] = 120.00 \text{ MPa}$ 4-ojo sluoksnio vidinis spindulys: $R_v[4] = 55.00 \text{ mm}$ 4-ojo sluoksnio išorinis spindulys:	Išorinis spindulys: $R_{\text{max}} = 95.00 \text{ mm}$ Polinis ploto inercijos momentas: $I_p = 127691015.15 \text{ mm}^4$ Standumas šlyčiai $K = 16976970350.46 \text{ N mm}^2$ Šlyties įtempimai τ : $\tau_{v[1]} = 0.017 \text{ MPa}$ $\tau_{i[1]} = 0.025 \text{ MPa}$ $\tau_{v[2]} = 0.032 \text{ MPa}$ $\tau_{i[2]} = 0.048 \text{ MPa}$ $\tau_{v[3]} = 0.038 \text{ MPa}$ $\tau_{i[3]} = 0.047 \text{ MPa}$ $\tau_{v[4]} = 0.058 \text{ MPa}$ $\tau_{i[4]} = 0.074 \text{ MPa}$ $\tau_{v[5]} = 0.074 \text{ MPa}$ $\tau_{i[5]} = 0.085 \text{ MPa}$ $\tau_{v[6]} = 0.068 \text{ MPa}$

Pradiniai duomenys programai	Programos skaičiavimo rezultatai
$Ri[4] = 70.00$ mm 4-ojo sluoksnio šlyties modulis: $G[4] = 150.00$ MPa 5-ojo sluoksnio vidinis spindulys: $Rv[5] = 70.00$ mm 5-ojo sluoksnio išorinis spindulys: $Ri[5] = 80.00$ mm 5-ojo sluoksnio šlyties modulis: $G[5] = 150.00$ MPa 6-ojo sluoksnio vidinis spindulys: $Rv[6] = 80.00$ mm 6-ojo sluoksnio išorinis spindulys: $Ri[6] = 95.00$ mm 6-ojo sluoksnio šlyties modulis: $G[6] = 120.00$ MPa Sukimo momentas: $T = 120.000$ N m	$\tau_{i[6]} = 0.081$ MPa Pastaba: čia raidė 'v' žymi įtempimo reikšmę ties vidiniu sluoksnio spinduliu, o 'i' - ties išoriniu. Maksimalios šlyties įtempimo ir susisukimo kampo reikšmės: $\tau_{max} = 0.08482$ MPa yra 5 sluoksnyje. $\phi_{max} = 0.00001$ rad yra strypo paviršiuje.

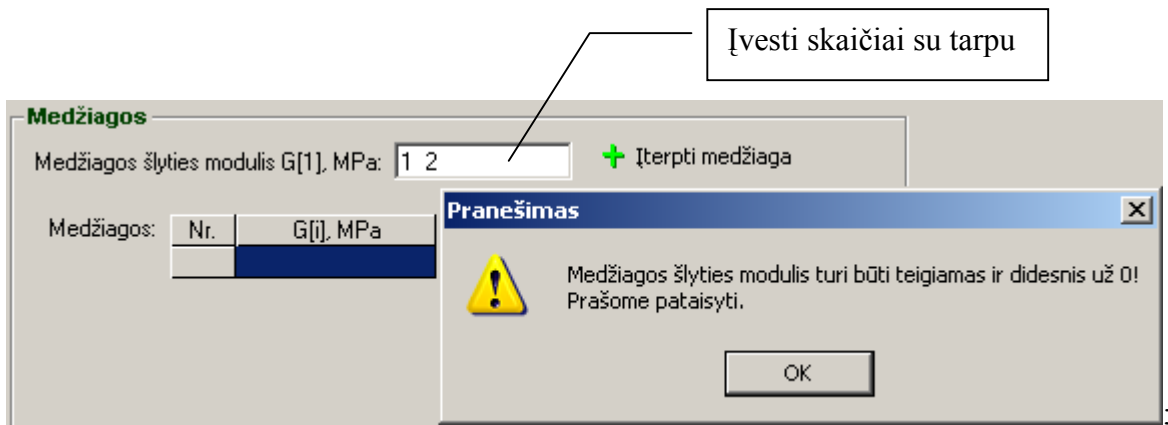
3.5.2. Vartotojo klaidų testavimas

Įvertinus tai, kad vartotojai įrašdami į laukelius skaitines reikšmes ar tvarkydami jas daro tipiškas klaidas, buvo sugalvotas šių tipiškų klaidų patikrinimo testas:

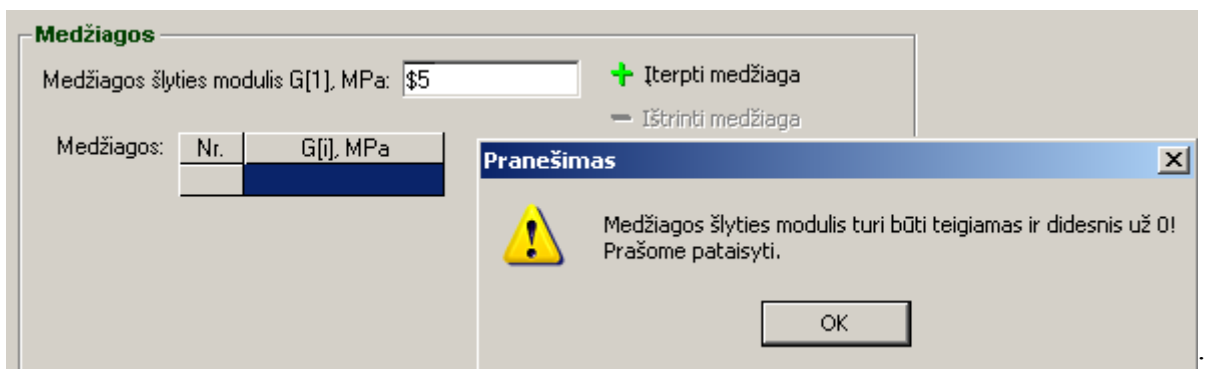
1. Kai į laukelį, kuriame turi būti rašomi tik skaičiai įterpiamos lietuviškos raidės (ė). Pavyzdžiui, vietoj reikiamų „65“ atsiranda „šį“.



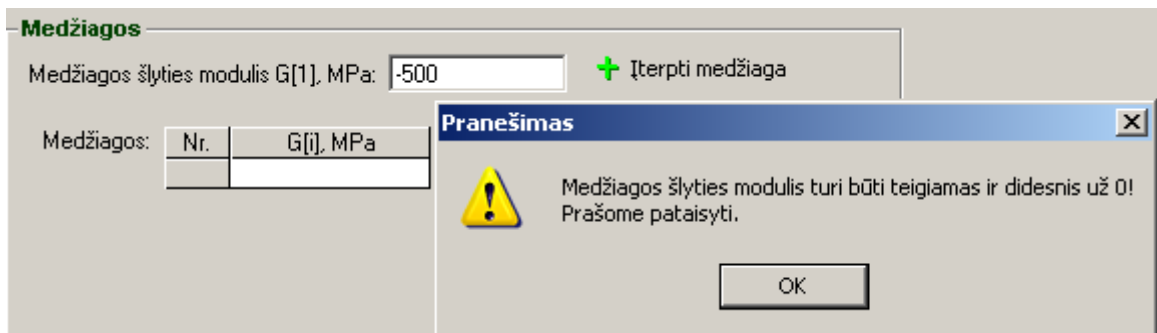
2. Kai skaičiaus skaitmenys atskiriami vienu ar daugiau tarpu. Taip dažniausiai atsitinka kai atliekamas skaičiaus redagavimas. Pavyzdžiui, vietoj skaičiaus „12“ į laukelį įrašytas „1“, „tarpas“ ir „2“.



3. Ženklas vietoj skaičiaus skaitmens. Taip atsitinka tada, kai vartotojas nespėja atleisti Shift klavišo. Pavyzdžiui, vietoje „45“ laukelyje atsiranda „\$5“.



4. Medžiagos šlyties modulis negali būti neigiamas skaičius. Pavyzdžiui, -500 yra neleistina reikšmė.



4. VARTOTOJO DOKUMENTACIJA

Programa „Sukamų daugiasluoksnių konstrukcinių elementų projektavimo modeliavimas“ skirta mechanikos inžinerijos kurso studentams bei konstruktoriams. Ji leidžia, įvedus medžiagos šlyties modulį, vidinį strypo spindulį, sluoksnio storį, strypo sukimo momentą, strypo ilgį, apskaičiuoti polinį ploto inercijos momentą, standumą šlyčiai, šlyties įtempimus, maksimalios šlyties įtempimo ir susisukimo kampo reikšmes. Ekrane išvedami pradiniai duomenys bei skaičiavimo rezultatai. Taip pat nubrėžiamas įtempimų pasiskirstymų grafikas.

4.1. Sistemos funkcinis aprašymas

Projekto peržiūrai gali būti naudojamas kompiuteris, turintis šiuos parametrus (minimalūs reikalavimai kompiuteriui):

- ♦ įdiegta Windows 95 arba naujesnė Windows operacinė sistema;
- ♦ Pentium II 233 MHz;
- ♦ atmintinė 64 MB RAM, 4 GB HDD, 4MB Video;
- ♦ diskinis įrenginys CD-ROM;
- ♦ įdiegta Internet Naršyklė palaikanti html 4 ir JavaScript.

Programa veikia be klaidų, yra patogi ir turi suprantamą vartotojo sąsają, skaičiavimo rezultatai pateikiami aiškiai ir paprastai.

Programai būtina pateikti (21 pav.):

- ♦ naudojamų medžiagų šlyties modulių skaitines reikšmes;
- ♦ vidinį strypo spindulį;
- ♦ kiekvieno sluoksnio storį ir jame naudojamą medžiagą;
- ♦ strypo sukimo momentą;
- ♦ strypo ilgį.

E:\Magistrantura\Zacharovienes_magistrinis\Duomenys1.ssl

Medžiagos

Medžiagos šlyties modulis G[1], MPa:

+ Įterpti medžiaga
- Ištrinti medžiaga

Medžiagos:	Nr.	G[j], MPa
	1	120
	2	150

Sluoksniai

Vidinis strypo spindulys R[0], mm:

Sluoksnio storis t[3], mm:

Sluoksnio medžiaga:

+ Įterpti sluoksnį
- Ištrinti sluoksnį

Didžiausią numerį turi išorinis sluoksnis

Nr.	t, mm	Medžiaga
1	10	G[1] = 120 MPa
2	15	G[2] = 150 MPa
3	10	G[1] = 120 MPa

Apkrova ir strypo ilgis

Strypo sukimo momentas T, Nm:

Strypo ilgis L, mm:

Nustatymai

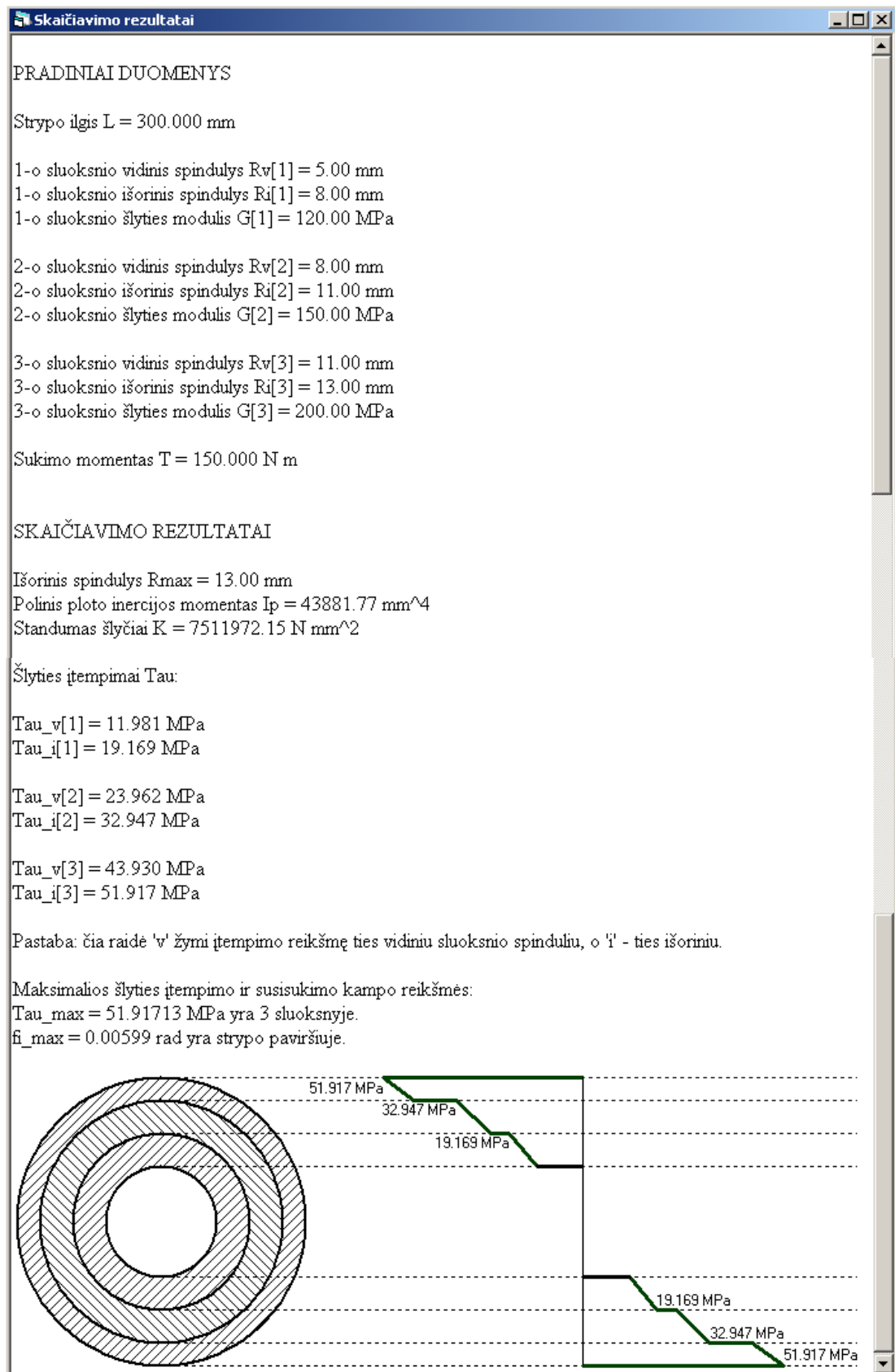
Įtempimų epiūroje rodyti sluoksnių linijas

Įtempimų epiūroje rodyti sluoksnių maksimalių įtempimų reikšmes

21 pav. Konstrukcijos duomenų įvedimo ir tvarkymo sąsaja

Programa apskaičiuoja ir pateikia (22 pav.):

- ♦ išorinį konstrukcijos spindulį;
- ♦ polinį ploto inercijos momentą;
- ♦ standumą šlyčiai;
- ♦ šlyties įtempimus;
- ♦ maksimalios šlyties įtempimo ir susisukimo kampo reikšmes.

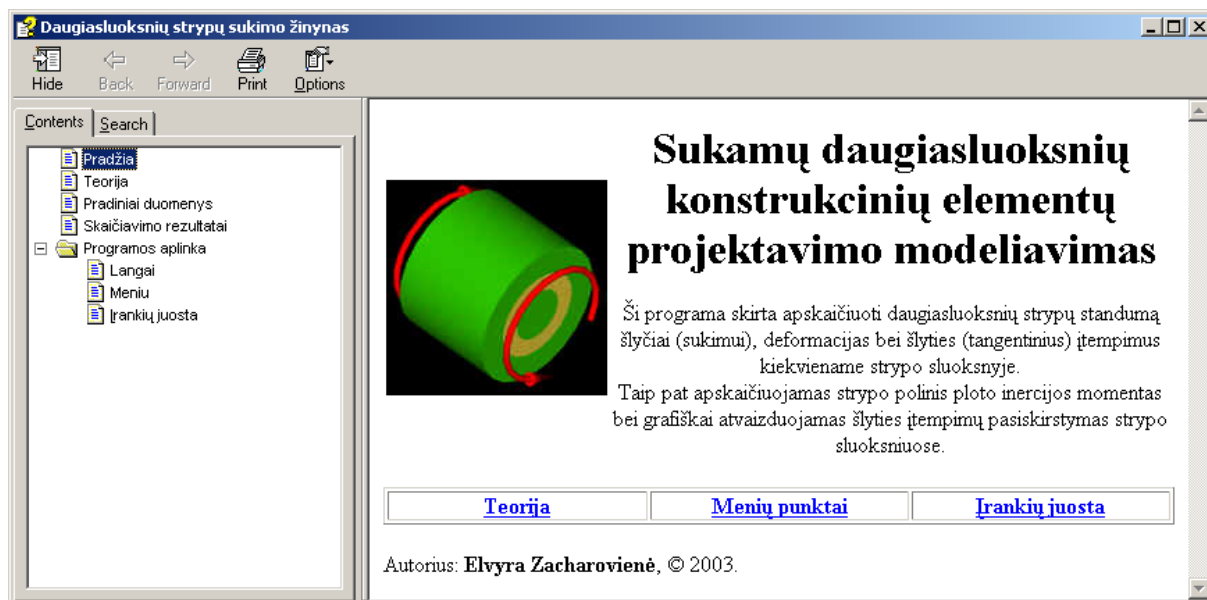


22 pav. Skaičiavimo rezultatų pateikimo sąsaja

Skaičiavimo rezultatai bei pradiniai duomenys išvedami į atskirą langą ir šio lango turinį vartotojas gali perkelti į savo dokumentą. Epiūrų brėžimo ir maksimalių įtempimų pateikimo būsenas valdo jungikliai, esantys **Nustatymai** srityje.

Programa pateikia pagalbą vartotojui (23 pav.):

- informaciją apie tokio tipo daugiasluoksnės konstrukcijas;
- kaip naudotis vartotojo aplinka.



23 pav. Pagalba vartotojui sąsaja

Šiame lange vartotojas gali surasti visą informaciją, kuri būtina atlikti skaičiavimus. Taip pat čia pateiktas programos valdymo aprašymas.

4.2. Sistemos vadovas

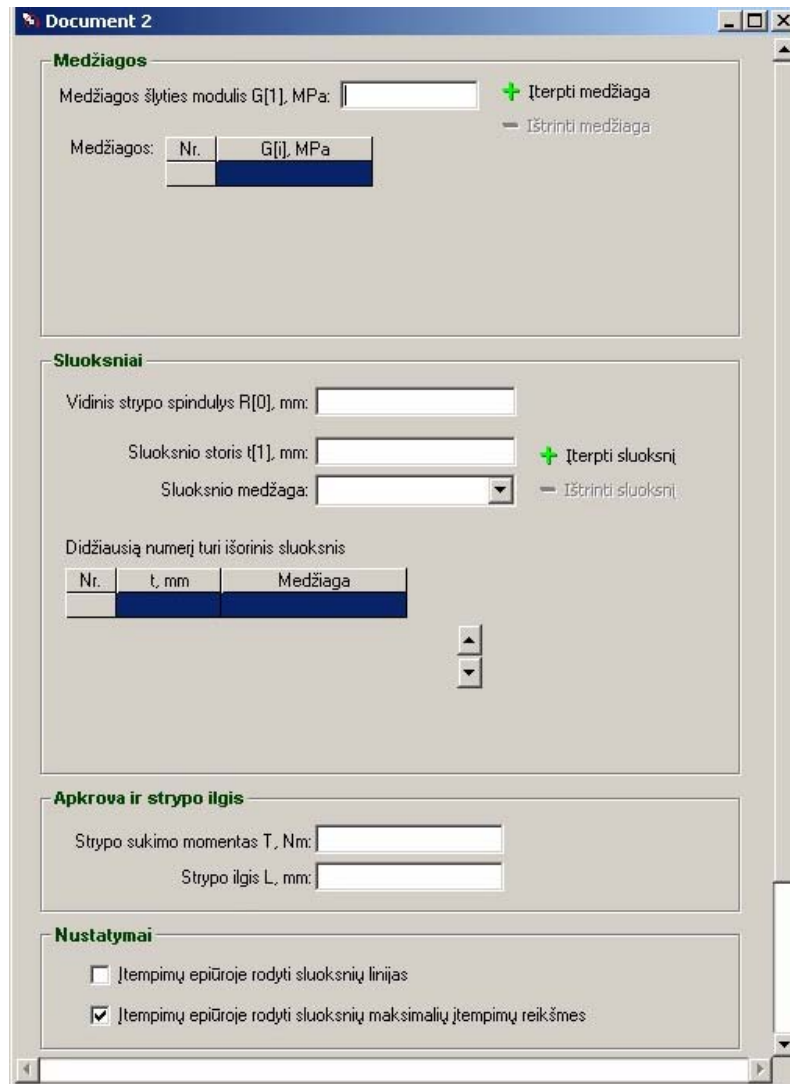
Programos paleidžiamasis failas **dss.exe**. Paleidus programą atsidaro programos langas (24 pav.). Šį langą sudaro:

- antraštės eilutė, kurioje yra sisteminis meniu ir lango valdymo mygtukai (Minimize, Restore, Maximize, Close);
- meniu eilutė, kurioje yra punktai Bylos, Redaguoti, Darbas, Langai, Pagalba;
- įrankių juosta, kurioje yra įrankiai – Naujas, Atidaryti, Saugoti, Uždaryti, Spausdinti, Iškirpti, Kopijuoti, Įstatyti ir Skaičiuoti.



24 pav. Programos langas

Pasirinkus naują duomenų įvedimo langą atsidarys dialogo langas (25 pav.).



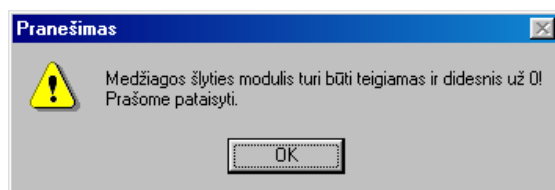
25 pav. Pradinių duomenų įvedimo langas

Pradinių duomenų įvedimo langą sudaro keturios sritys:

- **Medžiagos;**
- **Sluoksniai;**
- **Apkrova ir strypo ilgis;**
- **Nustatymai.**

Pirmoje srityje **Medžiagos** reikia įvesti naudojamų medžiagų šlyties modulius (priedai, 6 lentelė):

- Į laukelį **Medžiagos šlyties modulis G[1], MPa:** įrašoma medžiagos šlyties modulio skaitinė reikšmė.
- Įrašyto medžiagos šlyties modulio įtraukimui į naudojamų medžiagų sąrašą paspaudžiamas mygtukas **+ Įterpti medžiaga**. Jei medžiagos šlyties modulio laukelis tuščias ar jo skaitinė reikšmė ne teigiama, tai paspaudus mygtuką **+ Įterpti medžiaga** ekrane atsiras pranešimas



Šio pranešimo langas uždaromas mygtuko OK paspaudimu, o teksto įterpimo žymeklis atsiranda laukelyje **Medžiagos šlyties modulis G[1], MPa:** , į kurį būtinai turime įrašyti medžiagos šlyties modulį.

- Yra nustatytas apribojimas – galima įvesti tik iki 100 medžiagų. Jei bus bandoma įterpti daugiau negu 100 medžiagų, tai pasirodys perspėjantis pranešimas.
- Medžiaga įterpiama į medžiagų sąrašą mygtuko **+ Įterpti medžiaga** paspaudimu. Įterpta medžiaga atsiranda pirmoje sąrašo tuščioje eilutėje

Medžiagos:	Nr.	G[i], MPa
	1	150

- Nereikalingą medžiagą galima pašalinti iš sąrašo. Tuo tikslu šalintinos medžiagos

eilutė išrenkama sąrašė

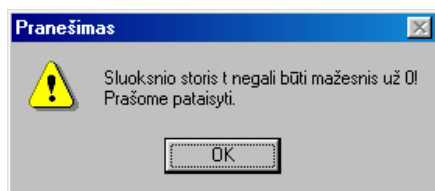
Medžiagos:	Nr.	G[i], MPa
	1	150
	2	200

 ir paspaudžiamas mygtukas **- Ištrinti medžiaga**.

- Jei medžiagų sąrašė nėra išrinktos eilutės, tai šis mygtukas **- Ištrinti medžiaga** bus neaktyvus.

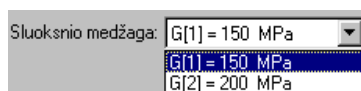
Antroje srityje **Sluoksniai** reikia įvesti:

- Į laukelį **Vidinis strypo spindulys R[0], mm:** įrašoma strypo vidinio spindulio skaitinė reikšmė.
- Į laukelį **Sluoksnio storis t[1], mm:** įrašoma sluoksnio storio skaitinė reikšmė, ji turi būti teigiama ir didesnė už 0. Jei sluoksnio storis neįrašytas ir buvo paspaustas mygtukas **+ Įterpti sluoksnį**, tai pasirodys pranešimas



Mygtuko OK paspaudimu šis pranešimo langas uždaromas, o teksto įterpimo žymeklis atsiranda laukelyje , kuriame būtinai turime įrašyti sluoksnio storio skaitinę reikšmę.

- Yra nustatytas apribojimas – galima įvesti iki 100 sluoksnių. Jei bus įterpiama daugiau negu 100 sluoksnių, tai pasirodys pranešimas.



- Išskleidžiamas sąrašas ir jame pasirenkama medžiaga sluoksniui.

- Mygtuko paspaudimu sluoksnio storis ir pasirinkta medžiaga

Didžiausią numerį turi išorinis sluoksnis		
Nr.	t, mm	Medžiaga
1	15	G[1] = 150 MPa

įtraukiama į sąrašo pirmą tuščią eilutę

- Sluoksnis, esantis sąrašė, gali būti panaikintas. Tuo tikslu naikintino sluoksnio

Didžiausią numerį turi išorinis sluoksnis		
Nr.	t, mm	Medžiaga
1	15	G[1] = 150 MPa
2	10	G[1] = 150 MPa

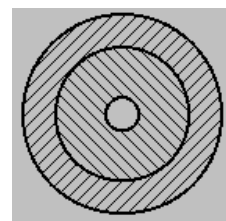
eilutė yra išrenkama

ir paspaudžiamas

mygtukas.

- Jei duomenų lentelėje nėra išrinktas joks sluoksnis, tai šis mygtukas bus neaktyvus.

- Programa, panaudodama įrašytų sluoksnių parametrus, šios srities apatiniame dešiniajame kampe pateikia projektuojamo strypo pjūvio eskizą



- Išrinkto sluoksnio eilutę mygtukų paspaudimais galima perkelti į reikiamą sąrašo vietą.

Trečioje srityje **Apkrova ir strypo ilgis** reikia įvesti:

- Į laukelį įrašoma strypo sukimo momento skaitinė reikšmė.

- Į laukelį įrašoma strypo ilgio skaitinė reikšmė.




Ketvirtoje srityje **Nustatymai** galima pasirinkti:

- Įtempimų epiūroje galima parodyti sluoksnių linijas. Tuo tikslu įjungiamas Įtempimų epiūroje rodyti sluoksnių linijas jungiklis (21 pav.).
- Įtempimų epiūroje galima parodyti sluoksnių maksimalių įtempimų reikšmes. Tuo tikslu įjungiamas Įtempimų epiūroje rodyti sluoksnių maksimalių įtempimų reikšmes jungiklis. Jei jungiklis įjungtas, įtempimų epiūroje bus parodytos sluoksnių maksimalios įtempimų reikšmės (21 pav.).

Konstrukcijos duomenų įvedimas bus užbaigtas tada, kai bus nurodyti visų reikiamų sluoksnių storiai ir medžiagos bei strypo sukimo momentas ir strypo ilgis. Dabar galima atlikti strypo įtempimų skaičiavimus. Tuo tikslu pasirenkama **Darbas⇒Skaičiuoti** komanda.

Taip pat galima paspausti F5 klavišą arba  mygtuką.

Skaičiavimo rezultatai bus išvesti į atskirą dialogo langą (22 pav.). Šiame lange vartotojas gali atlikti toliau pateiktus veiksmus:

- Išrinktus duomenis galima nukopijuoti ir perkelti į MS Word tekstinį redaktorių meniu **Redaguoti⇒Kopijuoti** komandą, klavišų Ctrl+C derinio spustelėjimu arba mygtuko  paspaudimu.
- Skaičiavimo rezultatai į failą įrašomi **Bylos⇒Saugoti** komanda, klavišų derinio Ctrl+S spustelėjimu arba  mygtuko paspaudimu.
- Skaičiavimo rezultatai išspausdinami popieriuje **Bylos⇒Spausdinti** komanda, klavišų derinio Ctrl+P spustelėjimu arba  mygtuko paspaudimu.

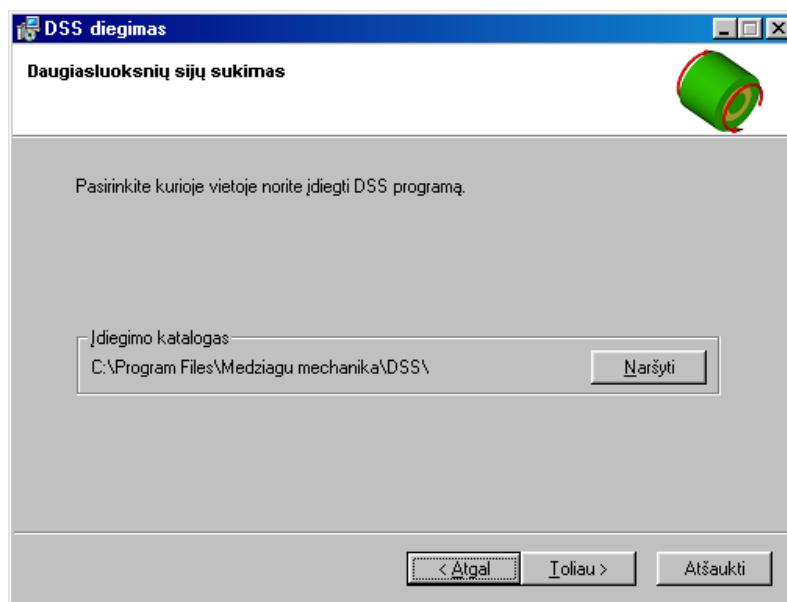
4.3. Sistemos instaliavimo dokumentas

Sistemos instaliavimo dokumentas sudarytas iš: programos instaliavimo instrukcija, reikalavimai programinei įrangai, sistemą sudarantys failai.

Programa pateikiama kaip failų rinkinys CD laikmenoje.

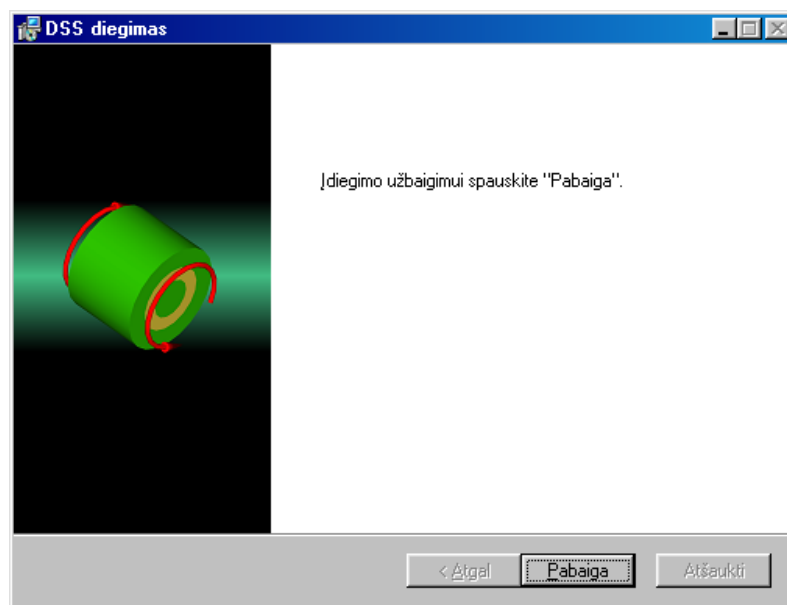
4.3.1. Programos instaliavimo instrukcija

1. Programa Windows Explorer išskleidžiate kompaktinio disko failų sąrašą. Jame surandate failą **Install_dss.exe**. Du kartus spragtelėkite pele šį failą.
2. Ekrane pasirodys programos įdiegimo dialogo langas (26 pav).



26 pav. Programos įdiegimo pradinis langas

3. Šiame dialogo lange (26 pav.) turite pasirinkti vietą, kurioje norite įdiegti šią programą. Tai galite padaryti paspaudę mygtuką **Naršyti**. Pagal numatymą programa bus įdiegta C:\Program Files\Medžiagu mechanika\DSS\.
4. Mygtukas **Toliau** (26 pav.) paspaudžiamas pasirinkus reikiamą programos įdiegimo vietą.
5. Ekране pasirodys dialogo langas (27 pav.)



27 pav. Programos įdiegimo antrasis langas

6. Šiame dialogo lange (27 pav.) programos įdiegimo užbaigimui paspauskite mygtuką **Pabaiga**.

Start⇒Programs meniu sąrašė atsiras nauja eilutė **Medžiagų mechanika** turinti submeniu: **Žinynai** ir **Daugiasluoksnių strypų sukimas**.

4.3.2. Reikalavimai programinei įrangai

- ♦ Įdiegta Windows 95 arba naujesnė Windows operacinė sistema;
- ♦ Pentium II 233 MHz;
- ♦ Atmintinė 64 MB RAM, 4 GB HDD, 4MB Video;
- ♦ Diskinis įrenginys CD-ROM (nebūtinai, jei yra prieiga lokaliame tinkle prie instaliacinio failo);
- ♦ Spausdintuvas (nebūtinai, jei yra prieiga lokaliame tinkle prie tinklinio spausdintuvo);
- ♦ Jame turi būti įdiegta Internet Naršyklė palaikanti html 4 ir JavaScript

4.3.3. Sistemą sudarantys failai

Programos instaliavimui vartotojas naudoja vienintelį `instal_dss.exe` failą. Instaliavimo metu yra sukuriama katalogas `C:\Program Files\Medziagu mechanika\DSS` ir į jį įkeliami šie failai:

- ♦ `DSS.EXE` – paleidžiamasis failas;
- ♦ `MSCOMCT2.OCX`;
- ♦ `MSHFLXGD.OCX`;
- ♦ `RICHTX32.OCX`;
- ♦ `DSS.CHM` – pagalbos failas.

5. PRODUKTO KOKYBĖS ĮVERTINIMAS

Kokybės įvertinimui sudaryta anketa su keleta klausimų vartotojui. Anketos paskirtis patikrinti ar teisingai sudaryta vartotojo sąsaja, ar vartotojas intuityviai supranta sąsajoje pateiktą informaciją ir veiksmų seką.

Anketos tekstas:

Ar patogų įvesti šlyties modulių skaitines reikšmes?

Ar tenkina vartotoją konstrukcijos sluoksnių sudarymo ir tvarkymo priemonės?

Ar tenkina vartotoją skaičiavimo rezultatų pateikimas?

Ar tenkina vartotoją skaičiavimo rezultatų tikslumas?

Ar išsami pagalba vartotojui?

Praktinis šios programos panaudojimas.

Vartotojo pageidavimai:

Vartotojo sąsajai;

Konstrukcijos sudarymui;

Skaičiavimo tikslumui;

Rezultatų pateikimui.

Bendras programos įvertinimas.

6. IŠVADOS

1. Sudarytas originalus sukamų daugiasluoksnių strypų įtempimų pasiskirstymo skaičiavimo algoritmas, panaudojant žinomus mechanikos inžinerijos metodus.
2. Sukurta originali programa „Daugiasluoksnių strypų sukimas“, kurios paskirtis atlikti skaičiavimus sukamiems daugiasluoksniams konstrukciniams elementams. Programa sudaryta Visual Basic 6.0 darbo aplinkoje.
3. Sudaryti išsamūs programos veikimo teisingumo patikrinimo pavyzdžiai.
4. Sudaryta visapusiška programos vartotojo instrukcija, skirta savarankiškai išmokti dirbti su šia programa.
5. Sudaryta programos instaliavimo instrukcija, skirta vartotojui arba sistemos administratoriui.
6. Projekte realizuotos tokios vartotojo darbą palengvinančios funkcijos: išsiskleidžiantis meniu, klavišų deriniai, mygtukai. Programa buvo kuriama taip, kad tenkintų visus vartotojo poreikius ir vartotų kuo mažiau kompiuterio resursų.

7. LITERATŪRA

1. Васильев В.В., Протасов В.Д. Композиционные материалы. – М., 1990. – 512 с.
2. Ross G.R., Ochoa O.O. Micromechanical Analysis of Hybrid Composites// Reinforced Plastics and Composites. 1996. No. 16, p. 828-836.
3. Chon T.W, Kelly A. Fibre composites// Materials Science and Engineering. 1976, No.1, p. 35–40.
4. Hollaway L. Polymers and polymers composites in construction. – London, 1990. – 275 p.
5. Марчюкайтис Г.В. Расчет увеличения бетона, пропитанного полимерами// Работоспособность строительных материалов в условиях воздействия различных эксплуатационных факторов: Межвузовский сборник, вып.1. – Казань, 1978. с. 82–85.
6. Schijve J. Multiple-Site Damage in Aircraft Fuselage Structures// Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures, 1995. vol. 18, p. 329-344.
7. Madenci E., Ileri L., Starnes J. H., Jr. Analysis of a Pin-Loaded Hole in Composite Laminates Under Combined Bearing-Bypass and Shear Loading// Solids and Structure. No. 32. 1995. p. 2053-2062.
8. Марчюкайтис Г. Технологические направления в строительных композитах каркасной структуры. – Вильнюс: Техника, 1985. – 144 с.
9. Наназашвили И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. – Л.: Стройиздат, 1990. – 414 с.
10. Collin P. Some Trends in Swedish Bridge Construction// New Steel Construction, February, vol. 5, March 1997. p 18-21.
11. Lin W.J. Modern Computational Environments for Seismic Analysis of Highway Bridge Structures: dissertation. – Ph.D., University of Maryland, 1997. – 197 p.
12. Madenci E., Barut A. Dynamic Response of Thin Composite Shells Experiencing Nonlinear Elastic Deformations and Large Overall Motions, 1996. – 385 p.
13. Barut A., Madenci E., Tessler A. Nonlinear Elastic Deformations of Moderately Thick Laminated Shells Subjected to Large and Rapid Rigid-Body Motion// Finite Elements in Analysis and Design, 1996. p. 41-57.
14. Madenci E. Ir kt. Analysis of Composite Laminates with Multiple Fasteners// Solids and Structure, 1998. No. 35, p. 1793-1811.
15. Persson E., Madenci E., Eriksson I. Delamination Initiation of Laminates with Pin-Loaded Holes// Theory and Applied Fracture Mechanics, 1998. No. 30, p. 87-101.

16. Roberts S., Davidson R. Finite element analysis of composite laminates containing transversely embedded optical fiber sensors: Proc. 1st European Conf// Smart Structures and Materials. – Glasgow, 1992. p. 15-22.
17. Bathe K.J. Finite Element Procedures in Engineering Analysis. – New Jersey: Prentice-Hall, 1982. – 165 p.
18. Belevičius R. Computes Algebra in Finite Element Method. – Vilnius, 1994. -154 p.
19. Limonov V. A., Razin A. F., Mikel'sons M. Strength and fatigue limit of fabric base composites under combined static shear and cyclic compressive stresses// Mechanics of Composite Materials. – N.Y., 1992. vol. 28, No. 3, p. 229-236.
20. Briedis I. P., Faitel'son L. A. Development of strain in a cross-linked polymer in tension// Mechanics of Composite Materials. – N.Y., 1992. vol. 28, No. 5, p. 477-483.
21. Справочник по композиционным материалам, Т. 2/ Ред. Д.Любин. М., 1988. – 579 с.
22. Banc L.C. Shear Coefficients for Thin Welded Composite Beams// Composite Structures, vol. 8, 1987, p. 47-61.
23. Васильев В. Механика конструкции из композитных материалов. – М. 1988. – 772 с.
24. Bareišis J., Paulauskas V. Calculation Methodics of Thin Welled Constructions Made of Composite Materials// Composite desing. Madride, 1993. p. 848-853.
25. Bareišis J., Paulauskas V. Daugiasluoksnių kompozicinių konstrukcinių elementų projektavimas: mokomoji knyga. – Kaunas, 1995, 48 p.
26. Garuckas D. Sluoksniuotų kompozicinių konstrukcinių elementų stiprumo ir standumo tyrimai: daktaro disertacija. Kaunas, 2000. – 117 p.
27. Bareišis J. Medžiagų mechanika: vadovėlis. – Šiauliai, 2000. – 228 p.
28. Bulavas A. Konstrukcinių elementų stiprumo apskaičiavimas: mokymo priemonė. – Kaunas, 1992. – 104 p.
29. Čižas A. Medžiagų atsparumas (Konstrukcinių elementų mechanika). – Vilnius, 1993. – 408 p.
30. Slavėnas J. Sukimas: mokymo priemonė. – Vilnius, 1979. – 70 p.
31. Feodosjevas V. Medžiagų atsparumas. – Vilnius, 1977. – 524 p.
32. Starkus B. Visual Basic 6 Jūsų kompiuteryje. – Kaunas: Smaltija, 2000. – 284 p.
33. Ostreika A. Programavimo Visual Basic pagrindai: mokomoji knyga. – Kaunas: Technologija, 2003. – 225 p.
34. Combimite [interaktyvus]. Kenny Ramage. 1999. – [žiūrėta 2003-01-20]. Prieiga per Internetą: <<http://www.afralisp.com/vba.htm>>

8. SUMMARY

Program „The modeling of design of multi-layer construction elements subjected by turning“ is created for students of mechanical engineering course and designers. Using this program it is possible to calculate inertia momentum of pole area, stiffness for shear, shear stresses, and maximum meanings of shear stress and twisting angle. The input parameters are shear modulus of materials, inner diameter of pivot, thickness and material of each layer, torsion moment and length of pivot. The output is initial data and results of calculation. In addition the diagram of distribution of stresses is drawn.

9. TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS

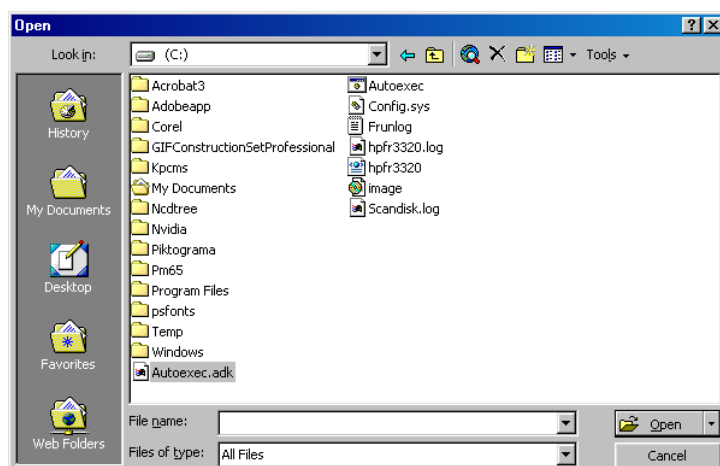
BEM – baigtinių elementų metodas.

DKE – daugiasluoksnis konstrukcinis elementas.

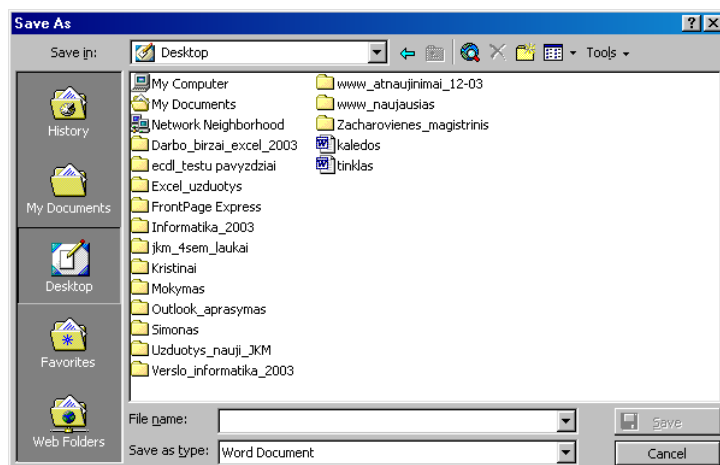
KE – konstrukcinis elementas.

10. PRIEDAI

Programos langai



27 pav. Tipiškas Open langas Windows 98 terpėje



28 pav. Tipiškas Save As langas Windows 98 terpėje

Įvairių medžiagų tamprumo modulis E, MPa

6 lentelė. Medžiagų tamprumo moduliai

Medžiaga	Tamprumo modulis E, MPa	Medžiaga	Tamprumo modulis E, MPa
Plienas	200000	Ketus	100000
Stiklo plastikas: karšto kietėjimo	20000	Polietilenas: aukšto slėgio	160-260
šalto kietėjimo	10000	žemo slėgio	300-1200
Geležis	200000	Polipropilenas	800-1350
Varis	129000	Fenoplastas	7000-9000
Anglies plastikas	60000	ABS plastikas	1500-2600
Aliuminis	65000	Kapronas	70

Sukamų strypų uždaviniai

1 uždavinys

Duota:

Trisluoksnis vamzdis, kurio išorinis skersmuo $d_1=120$ mm, o vidinis $d_2=90$ mm, visų trijų sluoksnių storiai vienodi ir lygūs 5 mm, yra veikiamas sukimo momento $T=5$ kNm. Vamzdžio ilgis 2 m.

Rasti:

Įtempimų pasiskirstymą vamzdžio skerspjūvyje bei didžiausią jo susisukimo kampą, kai sluoksnių šlyties moduliai turi šias reikšmes: $G_1=120 \cdot 10^4$ MPa; $G_2=60 \cdot 10^4$ MPa; $G_3=30 \cdot 10^4$ MPa.

Sprendimas

1. Nusibraižome vamzdžio skerspjūvį. Pažymime jį sudarančius sluoksnius ir būdinguosius taškus 1, 2, 3, 4, 5, 6, kurių įtempimų dydžius turime apskaičiuoti.

Apskaičiuojame pagal formulę:

$$\tau_j = \frac{T \cdot \rho \cdot G_i}{K};$$

čia $j = 1, \dots, 2n$ (n – sluoksnių skaičius).

2. Apskaičiuojame sluoksnių polinius inercijos momentus:

$$I_p = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) = 0,098(D^4 - d^4);$$

$$I_{p1} = 0,098(120^4 - 110^4) \cdot 10^{-12} = 5,88 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4;$$

$$I_{p2} = 0,098(110^4 - 100^4) \cdot 10^{-12} = 4,55 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4;$$

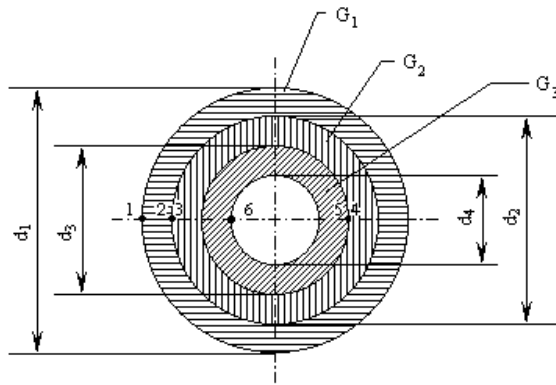
$$I_{p3} = 0,098(100^4 - 90^4) \cdot 10^{-12} = 3,38 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4;$$

$$I_{pk} = \sum_{i=1}^n I_{pi} = (5,88 + 4,55 + 3,338) \cdot 10^{-6} = 13,81 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4;$$

3. Apskaičiuojame vamzdžio skerspjūvio standumą sukimo atveju K

$$K = \sum_{i=1}^n G_i \cdot I_{pi} = G_1 \cdot I_{p1} + G_2 \cdot I_{p2} + G_3 \cdot I_{p3};$$

$$K = 120 \cdot 10^{10} \cdot 5,88 \cdot 10^{-6} + 60 \cdot 10^{10} \cdot 4,55 \cdot 10^{-6} + 30 \cdot 10^{10} \cdot 3,38 \cdot 10^{-6} = 1080 \cdot 10^4 \text{ Nm}^2;$$



29 pav. Trisluoksnio vamzdžio skersinis pjūvis

4. Apskaičiuojame viso strypo ekvivalentinį šlyties modulį G_k :

$$G_k = \frac{K}{I_{pk}} = \frac{1080 \cdot 10^4}{13,8 \cdot 10^{-6}} = 78,3 \cdot 10^4 \text{ MPa};$$

5. Randame tangentinių įtempimų būdinguosiuose vamzdžio skerspjūvio taškuose dydžius:

Taške 1:

$$\tau_1 = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^{10}}{1080 \cdot 10^4} = 32,95 \text{ MPa};$$

Taške 2:

$$\tau_2 = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 55 \cdot 10^{-3} \cdot 120 \cdot 10^{10}}{1080 \cdot 10^4} = 30,2 \text{ MPa};$$

Taške 3:

$$\tau_3 = \tau_2 \frac{G_2}{G_1} = 30,6 \cdot \frac{60}{120} = 15,1 \text{ MPa};$$

Tangentinių įtempimų kituose taškuose dydžius apskaičiuojame analogiškai ir gautus duomenis surašome į 7 lentelę.

7 lentelė. Tangentinių įtempimų reikšmės

$K \cdot 10^4$	$G_k \cdot 10^4$	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5	τ_6	$\varphi_{\max} \cdot 10^{-5}$
1080	78,3	32,95	30,2	15,1	13,73	6,86	6,177	0,25

6. Apskaičiuojame didžiausią susisukimo kampą φ_{\max} pagal formulę:

$$\varphi_{\max} = \frac{T \cdot I}{K} = \frac{5000 \cdot 2}{1080 \cdot 10^4} = 0,25 \cdot 10^{-5};$$

Uždavinio sprendimas programa

Pradinių duomenų įrašymo langas

Medžiagos

Medžiagos šlyties modulis G[1], MPa:

+ Įterpti medžiaga
- Ištrinti medžiaga

Medžiagos:	Nr.	G[i], MPa
	1	1200000
	2	600000
	3	300000

Sluoksniai

Vidinis strypo spindulys R[0], mm:

Sluoksnio storis t[1], mm:

Sluoksnio medžiaga: G[1] = 1200000 MPa
+ Įterpti sluoksnį
- Ištrinti sluoksnį

Didžiausią numerį turi išorinis sluoksnis:

Nr.	t, mm	Medžiaga
1	5	G[3] = 300000 MPa
2	5	G[2] = 600000 MPa
3	5	G[1] = 1200000 MPa

Apkrova ir strypo ilgis

Strypo sukimo momentas T, Nm:

Strypo ilgis L, mm:

Nustatymai

Įtempimų epiūroje rodyti sluoksnių linijas

Įtempimų epiūroje rodyti sluoksnių maksimalių įtempimų reikšmes

30 pav. Uždavinio pradinių duomenų suvedimas

SKAIČIAVIMO REZULTATAI

Pradiniai duomenys

Strypo ilgis:

$$L = 2000,000 \text{ mm}$$

1-ojo sluoksnio vidinis spindulys:

$$Rv[1] = 45,00 \text{ mm}$$

1-ojo sluoksnio išorinis spindulys:

$$Ri[1] = 50,00 \text{ mm}$$

1-ojo sluoksnio šlyties modulis:

$$G[1] = 300000,00 \text{ MPa}$$

2-ojo sluoksnio vidinis spindulys:

$$Rv[2] = 50,00 \text{ mm}$$

2-ojo sluoksnio išorinis spindulys:

$$Ri[2] = 55,00 \text{ mm}$$

2-ojo sluoksnio šlyties modulis:

$$G[2] = 600000,00 \text{ MPa}$$

3-ojo sluoksnio vidinis spindulys:

$$Rv[3] = 55,00 \text{ mm}$$

3-ojo sluoksnio išorinis spindulys:

$$Ri[3] = 60,00 \text{ mm}$$

3-ojo sluoksnio šlyties modulis: $G[3] = 1200000,00 \text{ MPa}$

Sukimo momentas: $T = 5000,000 \text{ N m}$

Skaičiavimo rezultatai

Išorinis spindulys: $R_{\text{max}} = 60,00 \text{ mm}$

Polinis ploto inercijos momentas: $I_p = 13916273,71 \text{ mm}^4$

Standumas šlyčiai: $K = 10927146472578,30 \text{ N mm}^2$

Šlyties įtempimai Tau: $\tau_{v[1]} = 6,177 \text{ MPa}$

$\tau_{i[1]} = 6,864 \text{ MPa}$

$\tau_{v[2]} = 13,727 \text{ MPa}$

$\tau_{i[2]} = 15,100 \text{ MPa}$

$\tau_{v[3]} = 30,200 \text{ MPa}$

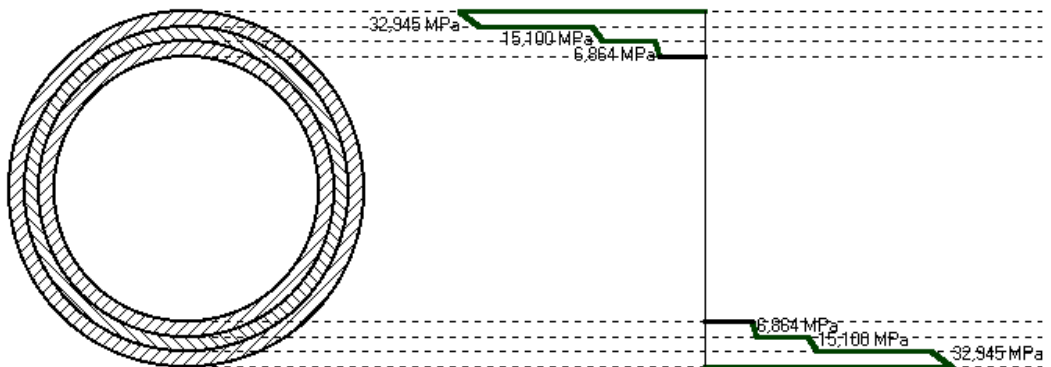
$\tau_{i[3]} = 32,945 \text{ MPa}$

Pastaba: čia raidė 'v' žymi įtempimo reikšmę ties vidiniu sluoksnio spinduliu, o 'i' - ties išoriniu.

Maksimalios šlyties įtempimo ir susisukimo kampo reikšmės:

$\tau_{\text{max}} = 32,94547 \text{ MPa}$ yra 3 sluoksnyje.

$\phi_{\text{max}} = 0,00000 \text{ rad}$ yra strypo paviršiuje.



Uždaviniai savarankiškam darbui

1. Apskaičiuoti tangentinis įtempimus, atsirandančius dvisluoksniame vamzdyje, kai jis veikiamas sukimo momento $T=10$ kNm. Vamzdžio skersmenys: $d_1=100$ mm, $d_2=90$ mm, $d_3=50$ mm. Išorinio vamzdžio medžiagos $G_1=10 \cdot 10^4$ MPa, o vidinio $G_2=1 \cdot 10^5$ MPa. Vamzdžio ilgis 1,5 m.
2. Apskaičiuoti tangentinis įtempimus, atsirandančius dvisluoksniame vamzdyje, kai jis veikiamas sukimo momento $T=10$ kNm. Vamzdžio skersmenys: $d_1=100$ mm, $d_2=90$ mm, $d_3=50$ mm. Išorinio vamzdžio medžiagos $G_1=1 \cdot 10^5$ MPa, o vidinio $G_2=80 \cdot 10^4$ MPa. Vamzdžio ilgis 2 m.
3. Apskaičiuoti dvisluoksnio vamzdžio didžiausią deformaciją, jei: $G_1=500$ MPa, $G_2=200$ MPa, $d_1=50$ mm, $d_2=40$ mm, $d_3=30$ mm $T=2$ kNm. Vamzdžio ilgis 2 m.

ANKETA

Labai prašau Jūsų atsakyti į šios anketos klausimus. Nuoširdūs Jūsų atsakymai padės man išsiaiškinti programos kokybę.

1. Jūs esate:

Studentas

Dėstytojas

2. Ar patogu įvesti šlyties modulių skaitines reikšmes?

Taip

Ne

3. Ar tenkina vartotoją konstrukcijos sluoksnių sudarymo ir tvarkymo priemonės?

Taip

Ne

4. Ar tenkina vartotoją skaičiavimo rezultatų pateikimas?

Taip

Ne

5. Ar tenkina vartotoją skaičiavimo rezultatų tikslumas?

Taip

Ne

6. Ar išsami pagalba vartotojui?

Taip

Ne

7. Praktinis šios programos panaudojimas:

Galima panaudoti praktikoje

Negalima panaudoti praktikoje

8. Vartotojo pageidavimai:

Vartotojo sąsajai

Konstrukcijos sudarymui

Skaičiavimo tikslumui

Rezultatų pateikimui

9. Bendras programos įvertinimas

1	2	3	4	5
blogas				l.geras

Dėkoju už atsakymus

Programos kodas

Forma ApiePrograma – ApiePrograma.frm

```
Private Sub Form_Click()
```

```
Unload Me
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Label1_Click()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Label2_Click()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Label3_Click()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Label4_Click()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Picture1_Click()
```

```
End Sub
```

Duomenų įvedimo langas – frmDocument (frmDocument.frm)

```
Dim Top1, Top2, Top3, Top4, Left1 As Integer
```

```
Dim Rv() As Double ' Vidinis sluoksnio spindulys
```

```
Dim Ri() As Double ' Isorinis sluoksnio spindulys
```

```
Dim Ii() As Double ' Sluoksnio ploto polinis inersijos momentas
```

```
Dim Gi() As Double ' Sluoksnio slyties moduliai
```

```
Dim Ki() As Double ' Sluoksnio standumai slytčiai
```

```
Dim TauI() As Double ' Itempimai sluoksnio isoriniame spindulyje
```

```
Dim TauV() As Double ' Itempimai sluoksnio vidiniame spindulyje
```

```
Dim SkI() As String ' Itempimu reiksme sluoksnio isoriniame spindulyje
```

```
Dim SkV() As String ' Itempimu reiksme sluoksnio vidiniame spindulyje
```

```
Dim R0 As Double ' Vidinis strypo spindulys
```

```
Dim t As Double ' Sukimo momentas
```

```
Dim L As Double ' Strypo ilgis
```

```
Dim Ip As Double ' Skerspjuvio ploto polinis inercijos momentas
```

```
Dim K As Double ' Konstrukcijos standumas slytčiai
```

```
Dim TauMax As Double ' maksimalus itempimai
```

```
Dim kiek As Integer ' Sluoksnio skaičius
```

```
Public Sub IsrinktiEilute(kas As MSFlexGrid, ByVal eNr As Integer)
```

```
kas.Row = eNr
```

```
kas.RowSel = eNr
```

```
kas.Col = 0
```

```
kas.ColSel = kas.Cols - 1
```

```
End Sub
```

Private Sub SukeistiVietomis(Nr1 As Integer, Nr2 As Integer)

```
If Nr1 > 0 And Nr1 < Sluoksn.Rows - 1 And Nr2 > 0 And Nr2 <
Sluoksn.Rows - 1 Then
    Sluoksn.Row = Nr1
    Sluoksn.Col = 1:   bb1 = Sluoksn.Text
    Sluoksn.Col = 2:   hh1 = Sluoksn.Text
    Sluoksn.Row = Nr2
    Sluoksn.Col = 1:   bb2 = Sluoksn.Text
    Sluoksn.Col = 2:   hh2 = Sluoksn.Text
    Sluoksn.Row = Nr1
    Sluoksn.Col = 1:   Sluoksn.Text = bb2
    Sluoksn.Col = 2:   Sluoksn.Text = hh2
    Sluoksn.Row = Nr2
    Sluoksn.Col = 1:   Sluoksn.Text = bb1
    Sluoksn.Col = 2:   Sluoksn.Text = hh1
    Skerspjuvis Picture1
    IsrinktiEilute Sluoksn, Nr2
End If
```

End Sub**Public Function Slyties_modulis(pav As String) As Double**

```
If pav = "" Then
    Slyties_modulis = 0
    Exit Function
End If
Dim i As Integer: i = 1
While Mid(pav, i, 1) <> "="
    i = i + 1
Wend
Slyties_modulis = Val(Mid(pav, i + 1, Len(pav)))
```

End Function**Private Sub Combo2_Click()**

```
If Sluoksn.RowSel < Sluoksn.Rows - 1 Then
    Sluoksn.Row = Sluoksn.RowSel
    Sluoksn.Col = 2
    Sluoksn.Text = Combo2.List(Combo2.ListIndex)
    IsrinktiEilute Sluoksn, Sluoksn.RowSel
End If
```

End Sub**Private Sub Form_Activate()**

```
fMainForm.mnuFileClose.Enabled = True
fMainForm.mnuFileSave.Enabled = True
fMainForm.mnuFileSaveAs.Enabled = True
fMainForm.mnuFilePrint.Enabled = False
fMainForm.mnuEditCut.Enabled = True
fMainForm.mnuEditCopy.Enabled = True
fMainForm.mnuEditPaste.Enabled = True
fMainForm.mnuDarbasSkaiciuoti.Enabled = True
fMainForm.tbToolBar.Buttons.Item(3).Enabled = True ' Saugoti
fMainForm.tbToolBar.Buttons.Item(4).Enabled = True ' Uzdayti
fMainForm.tbToolBar.Buttons.Item(6).Enabled = False ' Spausdinti
fMainForm.tbToolBar.Buttons.Item(8).Enabled = True ' Iskirpti
fMainForm.tbToolBar.Buttons.Item(9).Enabled = True ' Kopijuoti
fMainForm.tbToolBar.Buttons.Item(10).Enabled = True ' Istatyti
fMainForm.tbToolBar.Buttons.Item(12).Enabled = True ' Skaiciuoti
```

End Sub**Private Sub Form_Load()**

```
Combo2.Clear
Medz.Row = 0
Medz.Col = 0
```

```

Medz.Text = "Nr."
Medz.Col = 1
Medz.Text = "G[i], MPa"
Sluoksn.Row = 0
Sluoksn.Col = 0
Sluoksn.Text = "Nr."
Sluoksn.Col = 1
Sluoksn.Text = "t, mm"
Sluoksn.Col = 2
Sluoksn.Text = "Medžiaga"
For i = 0 To 1
    Medz.Col = i
    Medz.CellAlignment = flexAlignCenterCenter
Next
For i = 0 To 2
    Sluoksn.Col = i
    Sluoksn.CellAlignment = flexAlignCenterCenter
Next
'   Sluoksn.Row = 1   '   Padarome aktyvia 1 eilute
Sluoksn.ColWidth(0) = 500
Sluoksn.ColWidth(1) = 1000
Sluoksn.ColWidth(2) = 1780
Medz.ColWidth(0) = 500
Medz.ColWidth(1) = 1500

Top1 = Frame1.Top
Top2 = Frame2.Top
Top3 = Frame3.Top
Top4 = Frame4.Top
Left1 = Frame1.Left

Medz.RowHeightMin = Medz.CellHeight
Sluoksn.RowHeightMin = Sluoksn.CellHeight
IsrinktiEilute Medz, Medz.Rows - 1
IsrinktiEilute Sluoksn, Sluoksn.Rows - 1

VScroll11.Top = 0
HScroll11.Left = 0
fMainForm.LanguSk = fMainForm.LanguSk + 1
fMainForm.Meniu_Mygtukai
End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
    fMainForm.LanguSk = fMainForm.LanguSk - 1
    fMainForm.Meniu_Mygtukai
End Sub

Private Sub Form_Resize()
    On Error Resume Next
    VScroll11.Height = Me.ScaleHeight - HScroll11.Height
    VScroll11.Left = Me.ScaleWidth - VScroll11.Width
    vkiek = 2 * Frame1.Top + Frame4.Top + Frame4.Height + HScroll11.Height -
Me.ScaleHeight
    VScroll11.Max = vkiek
    If vkiek <= 0 Then
        VScroll11.Enabled = False
    Else
        VScroll11.Enabled = True
    End If
    HScroll11.Width = Me.ScaleWidth - VScroll11.Width
    HScroll11.Top = Me.ScaleHeight - HScroll11.Height
    hkiek = 2 * Frame1.Left + Frame1.Width + VScroll11.Width - Me.ScaleWidth
    HScroll11.Max = hkiek
    If hkiek <= 0 Then

```



```

        HScroll11.Enabled = False
    Else
        HScroll11.Enabled = True
    End If
End Sub

' Tikrina ar TextBox'o reiksme yra teigiama ir didesne uz nuli. Jei taip
' grazina True, priesingu False, isveda pranesima ir suaktyvina TextBox'a.

Private Function TestText0(txt As TextBox, Pranes As String) As Boolean
    txt.Text = Replace(txt.Text, ",", ".")
    sk = Val(txt.Text)
    If sk <= 0 Or Not IsNumeric(txt.Text) Then
        Pranesimas = Pranes & Chr(13) & "Prašome pataisyti."
        kas = MsgBox(Pranesimas, vbOKOnly + vbExclamation, "Pranešimas")
        TextGotFocus txt
        txt.SetFocus
        TestText0 = False
        Exit Function
    End If
    TestText0 = True
End Function

' Tikrina ar TextBox'o reiksme yra teigiama arba lygi nuliui. Jei taip grazina True,
' priesingu False, isveda pranesima ir suaktyvina TextBox'a.

Private Function TestText1(txt As TextBox, Pranes As String) As Boolean
    txt.Text = Replace(txt.Text, ",", ".")
    sk = Val(txt.Text)
    If (sk < 0) Or (IsNumeric(txt.Text) = False) Then
        Pranesimas = Pranes & Chr(13) & "Prašome pataisyti."
        kas = MsgBox(Pranesimas, vbOKOnly + vbExclamation, "Pranešimas")
        TextGotFocus txt
        txt.SetFocus
        TestText1 = False
        Exit Function
    End If
    TestText1 = True
End Function

Public Sub TextGotFocus(txt As TextBox)
    txt.SelStart = 0
    txt.SelLength = Len(txt.Text)
End Sub

Private Sub SluoksnioNr(Nr As Integer)
    Label4.Caption = "Sluoksnio storis t[" & CStr(Nr) & "], mm: "
End Sub

Private Sub HorizScrolling()
    Frame1.Left = Left1 - HScroll11.Value
    Frame2.Left = Frame1.Left
    Frame3.Left = Frame1.Left
    Frame4.Left = Frame1.Left
End Sub

Private Sub HScroll1_Change()
    HorizScrolling
End Sub

Private Sub HScroll1_Scroll()
    HorizScrolling
End Sub

```

Private Sub Medz_Click()

```
If Medz.RowSel <> (Medz.Rows - 1) Then
    Toolbar1.Buttons.Item(2).Enabled = True
Else
    Toolbar1.Buttons.Item(2).Enabled = False
End If
Medz.Row = Medz.RowSel
Medz.Col = 1
Text1.Text = Medz.Text
MedziagosNr Medz.Row
IsrinktiEilute Medz, Medz.RowSel
```

End Sub**Private Sub Medz_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)**

```
If KeyCode = vbKeyDelete Then Atimti_Medziaga
```

End Sub**Private Sub Sluoksn_Click()**

```
If Sluoksn.RowSel <> (Sluoksn.Rows - 1) Then
    Toolbar2.Buttons.Item(2).Enabled = True
Else
    Toolbar2.Buttons.Item(2).Enabled = False
End If
Sluoksn.Row = Sluoksn.RowSel
Sluoksn.Col = 1
Text3.Text = Sluoksn.Text
Sluoksn.Col = 2
Dim i As Integer
If Sluoksn.Row <> Sluoksn.Rows - 1 Then
    For i = 0 To Combo2.ListCount
        If Combo2.List(i) = Sluoksn.Text Then
            Combo2.ListIndex = i
            Exit For
        End If
    Next
End If
SluoksnioNr Sluoksn.Row
IsrinktiEilute Sluoksn, Sluoksn.RowSel
```

End Sub**Private Sub Sluoksn_KeyDown(KeyCode As Integer, Shift As Integer)**

```
If KeyCode = vbKeyDelete Then Atimti_Sluoksn
```

End Sub**Private Sub Text1_GotFocus()**

```
Text1.Tag = 1
```

End Sub**Private Sub Text1_LostFocus()**

```
Text1.Tag = 0
```

End Sub**Private Sub Text1_KeyPress(KeyAscii As Integer)**

```
If KeyAscii = 13 Then
    If Medz.Row < Medz.Rows - 1 Then
        Keisti_Medziaga
    Else
        Prideti_Medziaga
    End If
End If
```

End Sub

Private Sub Text2_GotFocus()

Text2.Tag = 1

End Sub

Private Sub Text2_LostFocus()

Text2.Tag = 0

End Sub

Private Sub Text2_KeyPress(KeyAscii As Integer)

If KeyAscii = 13 Then

If TestText1(Text2, "Vidinis strypo spindulys turi būti didesnis arba lygus 0!") Then

Skerspjuvis Picture1

End If

End If

End Sub

Private Sub Text3_GotFocus()

Text3.Tag = 1

End Sub

Private Sub Text3_LostFocus()

Text3.Tag = 0

End Sub

Private Sub Text3_KeyPress(KeyAscii As Integer)

If KeyAscii = 13 Then

slnr = Sluoksn.RowSel

If slnr < Sluoksn.Rows - 1 Then

Keisti_Sluoksni

Else

Prideti_Sluoksni

End If

End If

End Sub

Private Sub Text4_GotFocus()

Text4.Tag = 1

End Sub

Private Sub Text4_LostFocus()

Text4.Tag = 0

End Sub

Private Sub Text5_GotFocus()

Text5.Tag = 1

End Sub

Private Sub Text5_LostFocus()

Text5.Tag = 0

End Sub

Private Sub Toolbar1_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)

On Error Resume Next

Select Case Button.Key

Case "Plus"

Prideti_Medziaga

Case "Minus"

Atimti_Medziaga

End Select

End Sub

Private Function Medziagos_Pavadinimas(ByVal Nr As Integer, ByVal sk As String) As String

```
Medziagos_Pavadinimas = "G[" & CStr(Nr) & "] = " & sk & " MPa"
```

End Function**Private Sub MedziagosNr(Nr As Integer)**

```
Label2.Caption = "Medžiagos šlyties modulis G[" & CStr(Nr) & "], MPa: "
```

End Sub**Private Sub Prideti_Medziaga()**

```
If Not TestText0(Text1, "Medžiagos šlyties modulis turi būti teigiamas ir didesnis už 0!") Then Exit Sub
```

```
Medz.Row = Medz.Rows - 1
```

```
Medz.Col = 0
```

```
Medz.Text = Medz.Row
```

```
Medz.Col = 1
```

```
Medz.Text = Text1.Text
```

```
For i = 0 To 1
```

```
Medz.Col = i
```

```
Medz.CellAlignment = flexAlignCenterCenter
```

```
Next
```

```
kelintas = Combo2.ListIndex
```

```
If kelintas < 0 Then kelintas = 0
```

```
Combo2.Clear
```

```
Medz.Col = 1
```

```
For i = 1 To Medz.Rows - 1
```

```
Medz.Row = i
```

```
Combo2.AddItem Medziagos_Pavadinimas(i, Medz.Text)
```

```
Next i
```

```
Combo2.ListIndex = kelintas
```

```
Medz.Rows = Medz.Rows + 1
```

```
MedziagosNr Medz.Rows - 1
```

```
Text1.Text = ""
```

```
IsrinktiEilute Medz, Medz.Rows - 1
```

```
Text1.SetFocus
```

End Sub**Private Sub Atimti_Medziaga()**

```
If Medz.RowSel = Medz.Rows - 1 Then Exit Sub
```

```
Mkuris = Medz.RowSel
```

```
Skuris = Sluoksn.RowSel
```

```
Medz.Col = 1
```

```
mpav = Medziagos_Pavadinimas(Mkuris, Medz.Text)
```

```
' Tikrinu ar medziaga nera naudojama
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim MedzYra As Boolean
```

```
MedzYra = False
```

```
Sluoksn.Col = 2
```

```
For i = 1 To Sluoksn.Rows - 2
```

```
Sluoksn.Row = i
```

```
If Sluoksn.Text = mpav Then
```

```
MedzYra = True
```

```
Exit For
```

```
End If
```

```
Next
```

```
If MedzYra Then
```

```
x = MsgBox("Medžiaga '" & mpav & "' yra naudojama.", vbOKOnly + vbExclamation, "Pranešimas")
```

```
IsrinktiEilute Medz, Mkuris
```

```
IsrinktiEilute Sluoksn, Skuris
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
' Trinu medziaga
```

```
Medz.RemoveItem Mkuris
```

```
Medz.Row = Mkuris
```

```

Text1.Text = Medz.Text
Medz.Col = 0
For i = 1 To Medz.Rows - 2
    Medz.Row = i
    Medz.Text = CStr(i)
Next i
aktyvsl = Combo2.List(Combo2.ListIndex)
Combo2.Clear
Medz.Col = 1
For i = 1 To Medz.Rows - 2
    Medz.Row = i
    Combo2.AddItem Medziagos_Pavadinimas(i, Medz.Text)
Next i
Combo2.ListIndex = 0
IsrinktiEilute Medz, Mkuris
If Mkuris = Medz.Rows - 1 Then
    Toolbar1.Buttons.Item(2).Enabled = False
End If
IsrinktiEilute Sluoksn, Skuris
Text1.SetFocus

```

End Sub

Private Sub Keisti_Medziaga()

```

If Not TestText0(Text1, "Medžiagos šlyties modulis turi būti teigiamas
ir didesnis už 0!") Then Exit Sub
Medz.Row = Medz.RowSel
Medz.Col = 1
SenaMedz = Medziagos_Pavadinimas(Medz.RowSel, Medz.Text)
' Atnaujinu sluoksni
Medz.Text = Text1.Text
' Taisau sluoksniu sarasa
Dim slnr As Integer
slnr = Sluoksn.RowSel
Sluoksn.Col = 2
For i = 1 To Sluoksn.Rows - 2
    Sluoksn.Row = i
    If Sluoksn.Text = SenaMedz Then
        Sluoksn.Text = Medziagos_Pavadinimas(Medz.Row, Medz.Text)
    End If
Next
IsrinktiEilute Medz, Medz.Rows - 1
IsrinktiEilute Sluoksn, slnr
MedziagosNr Medz.Rows - 1
Text1.Text = ""
Text1.SetFocus

```

End Sub

Private Sub Toolbar2_ButtonClick(ByVal Button As MSComctlLib.Button)

```

On Error Resume Next
Select Case Button.Key
    Case "Plius"
        Prideti_Sluoksni
    Case "Minus"
        Atimti_Sluoksni
End Select

```

End Sub

Private Sub Prideti_Sluoksni()

```

If Not TestText0(Text3, "Sluoksnio storis t negali būti mažesnis už
0!") Then Exit Sub
If Combo2.Text = "" Then
    kaip = MsgBox("Prašome parinkti sluoksnio medžiaga.", vbOKOnly +
vbExclamation, "Pranešimas")
    Combo2.SetFocus

```

```

Exit Sub
End If
Sluoksn.Row = Sluoksn.Rows - 1
Sluoksn.Col = 0
Sluoksn.Text = Sluoksn.Row
Sluoksn.Col = 1
Sluoksn.Text = Text3.Text
Sluoksn.Col = 2
Sluoksn.Text = Combo2.Text
For i = 0 To 2
    Sluoksn.Col = i
    Sluoksn.CellAlignment = flexAlignCenterCenter
Next
Sluoksn.Rows = Sluoksn.Rows + 1
SluoksnioNr Sluoksn.Rows - 1
Skerspjuvis Picture1
IsrinktiEilute Sluoksn, Sluoksn.Rows - 1
Text3.Text = ""
Text3.SetFocus

```

End Sub

Private Sub Atimti_Sluoksni()

```

If Sluoksn.RowSel <> (Sluoksn.Rows - 1) Then
    Dim SNr As Integer: SNr = Sluoksn.RowSel
    Sluoksn.RemoveItem Sluoksn.RowSel
    kuris = Sluoksn.RowSel
    Sluoksn.Col = 0
    For i = 1 To Sluoksn.Rows - 2
        Sluoksn.Row = i
        Sluoksn.Text = i
    Next i
    Sluoksn.RowSel = kuris
    Skerspjuvis Picture1
End If
Text3.SetFocus

```

End Sub

Private Sub Keisti_Sluoksni()

```

If Not TestText0(Text3, "Sluoksnio storis t negali būti mažesnis už
0!") Then Exit Sub
If Combo2.Text = "" Then
    kaip = MsgBox("Prašome parinkti sluoksnio medžiaga.", vbOKOnly +
vbExclamation, "Pranešimas")
    Combo2.SetFocus
    Exit Sub
End If
Sluoksn.Row = Sluoksn.RowSel
Sluoksn.Col = 1
Sluoksn.Text = Text3.Text
Sluoksn.Col = 2
Sluoksn.Text = Combo2.Text
Skerspjuvis Picture1
SluoksnioNr Sluoksn.Rows - 1
IsrinktiEilute Sluoksn, Sluoksn.Rows - 1
Text3.Text = ""
Text3.SetFocus

```

End Sub

Private Sub VerticalScrolling()

```

Frame1.Top = Top1 - VScroll11.Value
Frame2.Top = Top2 - VScroll11.Value
Frame3.Top = Top3 - VScroll11.Value
Frame4.Top = Top4 - VScroll11.Value

```

End Sub

```

Private Sub UpDown1_DownClick()
    SukeistiVietomis Sluoksn.RowSel, Sluoksn.RowSel + 1
End Sub

Private Sub UpDown1_UpClick()
    SukeistiVietomis Sluoksn.RowSel, Sluoksn.RowSel - 1
End Sub

Private Sub VScroll1_Change()
    VerticalScrolling
End Sub

Private Sub VScroll1_Scroll()
    VerticalScrolling
End Sub

Public Function PradiniaiDuomenys() As Boolean
    PradiniaiDuomenys = True
    Skuris = Sluoksn.RowSel
    kiek = Sluoksn.Rows - 3
    ReDim Rv(kiek)
    ReDim Ri(kiek)
    ReDim Ii(kiek)
    ReDim Gi(kiek)
    ReDim Ki(kiek)
    ReDim TauI(kiek)
    ReDim TauV(kiek)
    ReDim SkI(kiek)
    ReDim SkV(kiek)
    R0 = Val(Text2.Text)
    ' Nuskaitau sluoksniu informacija
    For j = 0 To kiek
        Sluoksn.Row = j + 1
        Sluoksn.Col = 1
        If j = 0 Then
            Rv(j) = R0
        Else
            Rv(j) = Ri(j - 1)
        End If
        ti = Val(Sluoksn.Text)
        Ri(j) = Rv(j) + ti
        Sluoksn.Col = 2
        Gi(j) = Val(Slyties_modulis(Sluoksn.Text))
    Next
    IsrinktiEilute Sluoksn, Skuris
    If Not TestText0(Text4, "Sukimo momentas T turi nebūti lygus 0.") Then
        PradiniaiDuomenys = False
        Exit Function
    End If
    t = Val(Text4.Text)
    If Not TestText0(Text5, "Strypo ilgis L turi būti didesnis už 0.") Then
        PradiniaiDuomenys = False
        Exit Function
    End If
    L = Val(Text5.Text)
End Function

' Pagrindiniu parametru nustatymas

Public Sub Skaiciuoti()
    Dim PI As Double: PI = 3.14159265358979
    K = 0

```

```

Ip = 0
For j = 0 To kiek
    Ii(j) = PI * (Ri(j) ^ 4 - Rv(j) ^ 4) / 2#
    Ip = Ip + Ii(j)
    Ki(j) = Gi(j) * Ii(j)
    K = K + Ki(j)
Next
End Sub

Public Function SkaiciavimoRezultatai() As String
    On Error Resume Next
    ' Isvedu skaiciavimo rezultatus
    Dim endl As String: endl = Chr(13) & Chr(10)
    Dim Text As String
    Text = "PRADINIAI DUOMENYS" & endl & endl
    Text = Text & "Strypo ilgis L = " & Format(L, "0.000") & " mm" & endl &
endl
    For i = 0 To kiek
        kk = CStr(i + 1)
        kuris = kk & "-o sluoksnio "
        Text = Text & kuris & "vidinis spindulys Rv[" & kk & "] = " &
Format(Rv(i), "0.00") & " mm" & endl
        Text = Text & kuris & "išorinis spindulys Ri[" & kk & "] = " &
Format(Ri(i), "0.00") & " mm" & endl
        Text = Text & kuris & "šlyties modulis G[" & kk & "] = " &
Format(Gi(i), "0.00") & " MPa" & endl & endl
    Next
    Text = Text & "Sukimo momentas T = " & Format(t, "0.000") & " N m" &
endl & endl & endl
    Text = endl & Text & "SKAIČIAVIMO REZULTATAI" & endl & endl
    Text = Text & "Išorinis spindulys Rmax = " & Format(Ri(kiek), "0.00") &
" mm" & endl
    Text = Text & "Polinis ploto inercijos momentas Ip = " & Format(Ip,
"0.00") & " mm^4" & endl
    Text = Text & "Standumas šlyčiai K = " & Format(K, "0.00") & " N mm^2"
& endl & endl
    Text = Text & "Šlyties įtempimai Tau:" & endl & endl
    TauMax = 0
    Dim TauMaxSl As String: TauMaxSl = "0"
    For i = 0 To kiek
        kk = CStr(i + 1)
        TauV(i) = 1000 * t * Rv(i) * Gi(i) / K
        If Abs(TauV(i)) > Abs(TauMax) Then
            TauMax = TauV(i)
            TauMaxSl = kk
        End If
        SkV(i) = Format(TauV(i), "0.000 MPa")
        Text = Text & "Tau_v[" & kk & "] = " & SkV(i) & endl
        TauI(i) = 1000 * t * Ri(i) * Gi(i) / K
        If Abs(TauI(i)) > Abs(TauMax) Then
            TauMax = TauI(i)
            TauMaxSl = kk
        End If
        SkI(i) = Format(TauI(i), "0.000 MPa")
        Text = Text & "Tau_i[" & kk & "] = " & SkI(i) & endl & endl
    Next
    Text = Text & "Pastaba: čia raidė 'v' žymi įtempimo reikšmę ties
vidiniu sluoksnio spinduliu, o 'i' - ties išoriniu." & endl & endl
    Text = Text & "Maksimalios šlyties įtempimo ir susisukimo kampo
reikšmės:" & endl
    Text = Text & "Tau_max = " & Format(TauMax, "0.00000") & " MPa yra " &
TauMaxSl & " sluoksnyje." & endl
    fiMax = t * L / K

```



```

Text = Text & "fi_max = " & Format(fiMax, "0.00000") & " rad yra strypo
paviršiuje." & endl & endl
SkaiciavimoRezultatai = Text
Dim RodytiLinijas As Boolean, RodytiReiksmes As Boolean
If Check1.Value = 1 Then RodytiLinijas = True Else RodytiLinijas =
False
If Check2.Value = 1 Then RodytiReiksmes = True Else RodytiReiksmes =
False
SkerspjuvisItemp Picture2, 50, RodytiLinijas, RodytiReiksmes
Clipboard.Clear
Clipboard.SetData Picture2.Image
'Grafikas = Picture2.Picture

```

End Function

' Braizo skerspjuvi

Public Sub Skerspjuvis(pav As PictureBox, Optional dx As Integer = 20)

```

kuriss = Sluoksn.RowSel
Dim SluoksniuSk As Integer, X0 As Integer, Y0 As Integer
Dim Plotis As Integer, Aukstis As Integer
pav.FillStyle = vbFSSolid
pav.FillColor = pav.BackColor
pav.ForeColor = pav.BackColor
pav.Line (0, 0)-(pav.ScaleWidth, pav.ScaleHeight), pav.BackColor, B
SluoksniuSk = Sluoksn.Rows - 3
If SluoksniuSk < 0 Then Exit Sub
Dim MaxX As Double, MaxY As Double, Mastelis As Double
ReDim Ri (SluoksniuSk)
MaxX = 0#
MaxY = 0#
pav.DrawWidth = 2
pav.ForeColor = 0
pav.FillColor = 0
pav.FillStyle = vbUpwardDiagonal
Plotis = pav.ScaleWidth - 2 * dx
Aukstis = pav.ScaleHeight - 2 * dx
R0 = Val(Text2.Text)
If R0 < 0 Then R0 = 0
For i = 0 To SluoksniuSk
    Sluoksn.Row = i + 1
    Sluoksn.Col = 1
    If i = 0 Then
        Ri(i) = R0 + Val(Sluoksn.Text)
    Else
        Ri(i) = Ri(i - 1) + Val(Sluoksn.Text)
    End If
    MaxX = Ri(i)
Next i
mX = Plotis / (2# * MaxX)
mY = Aukstis / (2# * MaxX)
If mX > mY Then Mastelis = mY Else Mastelis = mX
X0 = Plotis / 2# + dx
Y0 = Aukstis / 2# + dx
For i = SluoksniuSk To 0 Step -1
    If pav.FillStyle = vbUpwardDiagonal Then
        pav.FillStyle = vbDownwardDiagonal
    Else
        pav.FillStyle = vbUpwardDiagonal
    End If
    Rii = Mastelis * Ri(i)
    pav.Circle (X0, Y0), Rii
    If i > 0 Then
        St = pav.FillStyle
        Sp = pav.FillColor

```

```

        pav.FillStyle = vbFSSolid
        pav.FillColor = pav.BackColor
        pav.Circle (X0, Y0), Mastelis * Ri(i - 1)
        pav.FillStyle = St
        pav.FillColor = Sp
    End If
Next i
If R0 > 0 Then
    Rii = Mastelis * R0
    pav.FillStyle = vbFSSolid
    pav.FillColor = pav.BackColor
    pav.Circle (X0, Y0), Rii
End If
IsrinktiEilute Sluoksn, kuriss
End Sub

' Braizo skerspjuvi ir itempimu pasiskirstyma jame

Public Sub SkerspjuvisItemp(pav As PictureBox, Optional dx As Integer = 50, _
Optional RodytiLin As Boolean, Optional RodytiReiks As Boolean)
    kuriss = Sluoksn.RowSel
    Dim X0 As Integer, Y0 As Integer
    Dim Plotis As Integer, Aukstis As Integer, X0I As Integer, X0sk As
Integer
    Dim MaxSkIlgis As Integer, Daugiklis As Integer, MaxSk As Integer
    MaxSkIlgis = 0
    MaxSk = 0
    pav.FillStyle = vbFSSolid
    pav.FillColor = pav.BackColor
    pav.ForeColor = pav.BackColor
    pav.Line (0, 0)-(pav.ScaleWidth, pav.ScaleHeight), pav.BackColor, B
    Dim Mastelis As Double, MastelisI As Double, Ta As Integer
    X0I = pav.ScaleWidth - dx
    Y0I = pav.ScaleHeight - dx
    Ta = pav.TextHeight("0.,123456789 MPa")
    Aukstis = pav.ScaleHeight - 2 * dx
    Plotis = pav.ScaleWidth - 3 * dx - Aukstis
    Mastelis = Aukstis / (2# * Ri(kiek))
    X0 = Aukstis / 2# + dx
    Y0 = X0
    pav.DrawWidth = 2
    pav.ForeColor = 0
    pav.FillColor = 0
    pav.FillStyle = vbUpwardDiagonal
    For i = kiek To 0 Step -1
        If pav.FillStyle = vbUpwardDiagonal Then
            pav.FillStyle = vbDownwardDiagonal
        Else
            pav.FillStyle = vbUpwardDiagonal
        End If
        Rii = Mastelis * Ri(i)
        pav.Circle (X0, Y0), Rii
        If RodytiLin Then
            pav.DrawWidth = 1
            pav.DrawStyle = vbDot
            pav.Line (X0, Y0 + Rii)-(X0I, Y0 + Rii)
            pav.Line (X0, Y0 - Rii)-(X0I, Y0 - Rii)
            pav.DrawWidth = 2
            pav.DrawStyle = vbSolid
        End If
        If Rv(i) > 0 Then
            Rii = Mastelis * Rv(i)
            St = pav.FillStyle
            Sp = pav.FillColor

```

```

    pav.FillStyle = vbFSSolid
    pav.FillColor = pav.BackColor
    pav.Circle (X0, Y0), Rii
    pav.FillStyle = St
    pav.FillColor = Sp
    If RodytiLin Then
        pav.DrawWidth = 1
        pav.DrawStyle = vbDot
        pav.Line (X0, Y0 + Rii)-(X0I, Y0 + Rii)
        pav.Line (X0, Y0 - Rii)-(X0I, Y0 - Rii)
        pav.DrawWidth = 2
        pav.DrawStyle = vbSolid
    End If
End If
If RodytiReiks Then
    If Abs(TauI(i) - TauMax) <= 0.000000000001 Then
        skilgis = pav.TextWidth(SkI(i))
        If skilgis > MaxSk Then MaxSk = skilgis
    End If
    If Abs(TauV(i) - TauMax) <= 0.000000000001 Then
        skilgis = pav.TextWidth(SkV(i))
        If skilgis > MaxSk Then MaxSk = skilgis
    End If
End If
Next i
MaxSk = MaxSk
X0 = Aukstis + 2 * dx + Plotis / 2#
xs = 0
MastelisI = Abs((Plotis - 2 * MaxSk) / (2# * TauMax))
pav.DrawWidth = 3
pav.DrawStyle = vbSolid
For i = kiek To 0 Step -1
    yi = Mastelis * Ri(i)
    yv = Mastelis * Rv(i)
    xi = MastelisI * TauI(i)
    xv = MastelisI * TauV(i)
    pav.ForeColor = &H4000&
    pav.Line (X0 - xs, Y0 - yi)-(X0 - xi, Y0 - yi)
    pav.Line (X0 - xi, Y0 - yi)-(X0 - xv, Y0 - yv)
    pav.Line (X0 + xs, Y0 + yi)-(X0 + xi, Y0 + yi)
    pav.Line (X0 + xi, Y0 + yi)-(X0 + xv, Y0 + yv)
    xs = xv
    If RodytiReiks Then
        Tau = SkI(i)
        If TauMax > 0 Then
            xx1 = -(pav.TextWidth(Tau) + xi)
            xx2 = xi
        Else
            xx1 = -xi
            xx2 = xi - pav.TextWidth(Tau)
        End If
        pav.ForeColor = 0
        pav.CurrentX = X0 + xx1
        pav.CurrentY = Y0 - yi + 20
        pav.Print Tau
        pav.CurrentX = X0 + xx2
        pav.CurrentY = Y0 + yi - Ta - 20
        pav.Print Tau
    End If
Next i
If R0 <> 0 Then
    pav.Line (X0 - xs, Y0 - yv)-(X0, Y0 - yv)
    pav.Line (X0 + xs, Y0 + yv)-(X0, Y0 + yv)
End If

```

```

pav.DrawWidth = 1
yi = Mastelis * Ri(kiek)
pav.Line (X0, Y0 - yi)-(X0, Y0 + yi)
IsrinktiEilute Sluoksn, kuriss

```

End Sub

Public Sub SaugotiPradiniuDuomenis(fv As String)

```

On Error Resume Next
Mkuris = Medz.RowSel
Skuris = Sluoksn.RowSel
Open fv For Output As #1
' Medziagu saugojimas
Dim z As Integer: z = Medz.Rows - 2
Print #1, z
Medz.Col = 1
For i = 1 To z
    Medz.Row = i
    Print #1, Val(Medz.Text)
Next i
' Strypo vidinis spindulys
Print #1, Val(Text2.Text)
' Sluoksniu saugojimas
z = Sluoksn.Rows - 2
Print #1, z
For i = 1 To z
    Sluoksn.Row = i
    Sluoksn.Col = 1
    Print #1, Sluoksn.Text
    Sluoksn.Col = 2
    Skaic = Mid(Sluoksn.Text, 3)
    Print #1, Val(Skaic)
Next i
' Apkrovu saugojimas
Print #1, Val(Text4.Text)
Print #1, Val(Text5.Text)
Close #1
IsrinktiEilute Medz, Mkuris
IsrinktiEilute Sluoksn, Skuris

```

End Sub

Public Function NuskaitytiPradiniuDuomenis(fv As String) As Boolean

```

On Error Resume Next
NuskaitytiPradiniuDuomenis = True
Open fv For Input As #1
' Medziagu nuskaitymas
Dim z As Integer, ms As Integer, e As String, i As Integer, j As
Integer
If EOF(1) Then
    NuskaitytiPradiniuDuomenis = False
    Close #1
    Exit Function
End If
Line Input #1, e
If Not IsNumeric(e) Then
    NuskaitytiPradiniuDuomenis = False
    Close #1
    Exit Function
End If
ms = Val(e)
Medz.Rows = ms + 2
Combo2.Clear
For i = 1 To ms
    If EOF(1) Then
        NuskaitytiPradiniuDuomenis = False

```

```

        Close #1
        Exit Function
    End If
    Line Input #1, e
    If Not IsNumeric(e) Then
        NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
        Close #1
        Exit Function
    End If
    Medz.Row = i
    Medz.Col = 0
    Medz.Text = i
    Medz.CellAlignment = flexAlignCenterCenter
    Medz.Col = 1
    Medz.Text = e
    Medz.CellAlignment = flexAlignCenterCenter
    Combo2.AddItem Medziagos_Pavadinimas(i, e)
Next
Combo2.ListIndex = 0
' Strypo vidinis spindulys
If EOF(1) Then
    NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
    Close #1
    Exit Function
End If
Line Input #1, e
If Not IsNumeric(e) Then
    NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
    Close #1
    Exit Function
End If
Text2.Text = e
' Sluoksniu nuskaitymas
If EOF(1) Then
    NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
    Close #1
    Exit Function
End If
Line Input #1, e
If Not IsNumeric(e) Then
    NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
    Close #1
    Exit Function
End If
z = Val(e)
Sluoksn.Rows = z + 2
For i = 1 To z
    Sluoksn.Row = i
    Sluoksn.Col = 0
    Sluoksn.CellAlignment = flexAlignCenterCenter
    Sluoksn.Text = i
    If EOF(1) Then
        NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
        Close #1
        Exit Function
    End If
    Line Input #1, e
    If Not IsNumeric(e) Then
        NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
        Close #1
        Exit Function
    End If
    Sluoksn.Col = 1
    Sluoksn.CellAlignment = flexAlignCenterCenter

```

```

    Sluoksn.Text = e
    If EOF(1) Then
        NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
        Close #1
        Exit Function
    End If
    Line Input #1, e
    If Not IsNumeric(e) And Val(e) > ms Then
        NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
        Close #1
        Exit Function
    End If
    Sluoksn.Col = 2
    Sluoksn.CellAlignment = flexAlignCenterCenter
    Sluoksn.Text = Combo2.List(Val(e) - 1)
Next i
' Apkrovu saugojimas
If EOF(1) Then
    NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
    Close #1
    Exit Function
End If
Line Input #1, e
If Not IsNumeric(e) Then
    NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
    Close #1
    Exit Function
End If
Text4.Text = e
If EOF(1) Then
    NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
    Close #1
    Exit Function
End If
Line Input #1, e
If Not IsNumeric(e) Then
    NuskaitytiPradiniusDuomenis = False
    Close #1
    Exit Function
End If
Text5.Text = e
Close #1
IsrinktiEilute Medz, Medz.Rows - 1
IsrinktiEilute Sluoksn, Sluoksn.Rows - 1

```

End Function

Public Sub Kopijuoti()

```

    Dim t
    For Each t In Controls
        If TypeOf t Is TextBox Then
            Clipboard.Clear
            Clipboard.SetText t.SelectedText
            Exit For
        End If
    Next t

```

End Sub

Public Function strdel(ByVal eile As String, ByVal nuo As Integer, ByVal kiek As Integer)

```

    strdel = Mid(eile, 1, nuo) & Mid(eile, nuo + kiek + 1)

```

End Function

Public Function insertstr(ByVal I_ka As String, ByVal kur As Integer, ByVal ka As String)

```

    If kur > Len(I_ka) Then
        insertstr = I_ka
    End If

```

```

Else
    kaire = Left(I_ka, kur)
    desine = Right(I_ka, Len(I_ka) - kur)
    insertstr = kaire & ka & desine
End If
End Function

Public Sub Istatyti()
Dim t
For Each t In Controls
    If TypeOf t Is TextBox Then
        If t.Tag = 1 Then
            kur = t.SelStart
            t.Text = strdel(t.Text, kur, Len(t.SelText))
            t.Text = insertstr(t.Text, kur, Clipboard.GetText)
            t.SelStart = kur + Len(Clipboard.GetText)
        Exit For
    End If
End If
Next t

```

End Sub

Public Sub Iskirpti()

```

Dim t
For Each t In Controls
    If TypeOf t Is TextBox Then
        If t.Tag = 1 Then
            Clipboard.SetText t.SelText
            kur = t.SelStart
            t.Text = strdel(t.Text, kur, Len(t.SelText))
            t.SelStart = kur
        Exit For
    End If
End If
Next t

```

End Sub

Programos langas – frmMain (frmMain.frm)

Private Declare Function SendMessage Lib "user32" Alias "SendMessageA" (ByVal hwnd As Long, ByVal wParam As Long, ByVal lParam As Any) As Long

Const WM_PASTE = &H302

Const WM_COPY = &H301

'Private Declare Function OSWinHelp% Lib "user32" Alias "WinHelpA" (ByVal hwnd&, ByVal HelpFile\$, ByVal wCommand%, dwData As Any)

Public LanguSk As Long

Private Sub MDIForm_Load()

```

LanguSk = 0
Me.Left = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainLeft", 1000)
Me.Top = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainTop", 1000)
Me.Width = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainWidth", 6500)
Me.Height = GetSetting(App.Title, "Settings", "MainHeight", 6500)

```

End Sub

Private Sub LoadNewDoc()

```

Static lDocumentCount As Long
Dim frmD As frmDocument
lDocumentCount = lDocumentCount + 1
Set frmD = New frmDocument
frmD.Caption = "Document " & lDocumentCount

```

```

    frmD.Show
End Sub

Private Sub MDIForm_Unload(Cancel As Integer)
    If Me.WindowState <> vbMinimized Then
        SaveSetting App.Title, "Settings", "MainLeft", Me.Left
        SaveSetting App.Title, "Settings", "MainTop", Me.Top
        SaveSetting App.Title, "Settings", "MainWidth", Me.Width
        SaveSetting App.Title, "Settings", "MainHeight", Me.Height
    End If
End Sub

Private Sub mnuDarbasGrafikai_Click()
    On Error Resume Next
End Sub

Private Sub mnuDarbasSkaiciuoti_Click()
    If ActiveForm.PradiniaiDuomenys Then
        ActiveForm.Skaiciuoti
        DuomenuIsvedimas
    End If
End Sub

Private Sub tbToolBar_ButtonClick(ByVal Button As MSCComctlLib.Button)
    On Error Resume Next
    Select Case Button.Key
        Case "Naujas"
            LoadNewDoc
        Case "Atidaryti"
            mnuFileOpen_Click
        Case "Saugoti"
            mnuFileSave_Click
        Case "Uždaryti"
            mnuFileClose_Click
        Case "Spausdinti"
            mnuFilePrint_Click
        Case "Iškirpti"
            mnuEditCut_Click
        Case "Kopijuoti"
            mnuEditCopy_Click
        Case "Įstatyti"
            mnuEditPaste_Click
        Case "Skaičiuoti"
            mnuDarbasSkaiciuoti_Click
        Case "Grafikai"
            mnuDarbasGrafikai_Click
    End Select
End Sub

Private Sub mnuHelpAbout_Click()
    ApiePrograma.Show vbModal, Me
End Sub

Private Sub mnuHelpContents_Click()
    On Error Resume Next
    htmlpav = App.Path & "\dss.chm"
    kas = Shell("hh.exe " & htmlpav, vbNormalFocus)
End Sub

Private Sub mnuWindowArrangeIcons_Click()
    Me.Arrange vbArrangeIcons
End Sub

```



```

Private Sub mnuWindowTileVertical_Click()
    Me.Arrange vbTileVertical
End Sub

Private Sub mnuWindowTileHorizontal_Click()
    Me.Arrange vbTileHorizontal
End Sub

Private Sub mnuWindowCascade_Click()
    Me.Arrange vbCascade
End Sub

Private Sub mnuWindowNewWindow_Click()
    LoadNewDoc
End Sub

Private Sub mnuEditPaste_Click()
    On Error Resume Next
    ActiveForm.Istatyti
End Sub

Private Sub mnuEditCopy_Click()
    On Error Resume Next
    If ActiveForm.Tag = 1 Then
        Clipboard.Clear
        If ActiveForm.RichTextBox1.SelLength <> 0 Then
            SendMessage ActiveForm.RichTextBox1.hwnd, WM_COPY, 0, 0
        Else
            ActiveForm.RichTextBox1.SelStart = 0
            ActiveForm.RichTextBox1.SelLength =
Len(ActiveForm.RichTextBox1.TextRTF)
            SendMessage ActiveForm.RichTextBox1.hwnd, WM_COPY, 0, 0
            ActiveForm.RichTextBox1.SelStart = 0
            ActiveForm.RichTextBox1.SelLength = 0
        End If
    Else
        ActiveForm.Kopijuoti
    End If
End Sub

Private Sub mnuEditCut_Click()
    On Error Resume Next
    ActiveForm.Iskirpti
End Sub

Private Sub mnuFileExit_Click()
    'unload the form
    Unload Me
End Sub

Private Sub mnuFilePrint_Click()
    On Error Resume Next
    ' If ActiveForm Is Nothing Then Exit Sub
    ' With dlgCommonDialog
    '     .DialogTitle = "Print"
    '     .CancelError = True
    '     .Flags = cdlPDReturnDC + cdlPDNoPageNums
    '     If ActiveForm.rtfText.SelLength = 0 Then
    '         .Flags = .Flags + cdlPDAllPages
    '     Else
    '         .Flags = .Flags + cdlPDSelection
    '     End If
    '     .ShowPrinter

```

```

'         If Err <> MSComDlg.cdlCancel Then
'             ActiveForm.rtfText.SelPrint .hDC
'         End If
'     End With
With dlgCommonDialog
    .DialogTitle = "Spausdinimo nustatymai"
    .CancelError = True
    .Flags = cdlPDReturnDC + cdlPDNoPageNums
    If ActiveForm.RichTextBox1.SelLength = 0 Then
        .Flags = .Flags + cdlPDAllPages
    Else
        .Flags = .Flags + cdlPDSelection
    End If
    .ShowPrinter
    If Err <> MSComDlg.cdlCancel Then
        Printer.Font.Name = ActiveForm.RichTextBox1.Font.Name
        Printer.Font.Charset = ActiveForm.RichTextBox1.Font.Charset
        Printer.Font.Size = ActiveForm.RichTextBox1.Font.Size
        ActiveForm.RichTextBox1.SelPrint Printer.hDC
    End If
End With
End Sub

Private Sub mnuFileSaveAs_Click()
    If ActiveForm Is Nothing Then Exit Sub
    If ActiveForm.Tag = 1 Then
        With dlgCommonDialog
            .DialogTitle = "Saugoti skaičiavimo rezultatus ..."
            .CancelError = False
            .Filter = "Skaičiavimo rezultatų bylos (*.txt)|*.txt|Visos
bylos (*.*)|*.*"
            .DefaultExt = "txt"
            .ShowSave
            If Len(.FileName) = 0 Then Exit Sub
        End With
        ActiveForm.RichTextBox1.SaveFile dlgCommonDialog.FileName, rtfText
    Else
        With dlgCommonDialog
            .DialogTitle = "Saugoti vardu ..."
            .CancelError = False
            .Filter = "Pradinių duomenų bylos (*.ssl)|*.ssl|Visos bylos
(*.*)|*.*"
            .DefaultExt = "ssl"
            .ShowSave
            If Len(.FileName) = 0 Then Exit Sub
            ActiveForm.Caption = .FileName
        End With
        ActiveForm.SaugotiPradiniusDuomenis ActiveForm.Caption
    End If
End Sub

Private Sub mnuFileSave_Click()
    If ActiveForm.Tag = 1 Then
        With dlgCommonDialog
            .DialogTitle = "Saugoti skaičiavimo rezultatus ..."
            .CancelError = False
            .Filter = "Skaičiavimo rezultatų bylos (*.rtf)|*.doc|Visos
bylos (*.*)|*.*"
            .DefaultExt = "rtf"
            .ShowSave
            If Len(.FileName) = 0 Then Exit Sub
        End With
        ActiveForm.RichTextBox1.SaveFile dlgCommonDialog.FileName, rtfRTF
    Else

```

```

    If Left$(ActiveForm.Caption, 8) = "Document" Then
        With dlgCommonDialog
            .DialogTitle = "Saugoti ..."
            .CancelError = False
            .Filter = "Pradinių duomenų bylos (*.ssl)|*.ssl|Visos bylos
(*.*)|*.*"
            .DefaultExt = "ssl"
            .ShowSave
            If Len(.FileName) = 0 Then Exit Sub
            ActiveForm.Caption = .FileName
        End With
    End If
    ActiveForm.SaugotiPradiniusDuomenis ActiveForm.Caption
End If

```

End Sub

Private Sub mnuFileClose_Click()

```

    Unload ActiveForm

```

End Sub

Private Sub mnuFileOpen_Click()

```

    With dlgCommonDialog
        .DialogTitle = "Atidaryti ..."
        .CancelError = False
        .Filter = "Pradinių duomenų bylos (*.ssl)|*.ssl|Visos bylos
(*.*)|*.*"
        .DefaultExt = "ssl"
        .ShowOpen
        If Len(.FileName) = 0 Then Exit Sub
    End With
    LoadNewDoc
    ActiveForm.Caption = dlgCommonDialog.FileName
    If Not ActiveForm.NuskaitytiPradiniusDuomenis(ActiveForm.Caption) Then
        kas = MsgBox("Neteisingas failo '" & dlgCommonDialog.FileName & "'
formatas!", vbCritical + vbOKOnly, "Pranešimas")
        mnuFileClose_Click
    End If
    ActiveForm.Skerspjuvis ActiveForm.Picture1

```

End Sub

Private Sub mnuFileNew_Click()

```

    LoadNewDoc

```

End Sub

Public Sub DuomeniSvedimas()

```

    On Error Resume Next
    Dim Rezult As String: Rezult = ActiveForm.SkaiciavimoRezultatai
    Set Graf = ActiveForm.Picture2.Image
    ' Nustatau ar jau atidarytas skaiciavimo rezultatu langas.
    ' Sioje programoje toks gali buti tik vienas
    Dim YraDuomenuLangas As Boolean: YraDuomenuLangas = False
    Dim i As Integer
    For i = 0 To Forms.Count - 1
        If Forms(i).Tag = 1 Then
            YraDuomenuLangas = True
            Exit For
        End If
    Next
    If Not YraDuomenuLangas Then
        Dim sr As SkaicRezult
        Set sr = New SkaicRezult
        sr.Show
    Else
        Forms(i).SetFocus
    End If

```

```

End If
ActiveForm.RichTextBox1.Text = Rezult
ActiveForm.RichTextBox1.Locked = False
ActiveForm.RichTextBox1.SelStart = Len(ActiveForm.RichTextBox1.Text)
SendMessage ActiveForm.RichTextBox1.hwnd, WM_PASTE, 0, 0
ActiveForm.RichTextBox1.Locked = True
ActiveForm.RichTextBox1.SelStart = 1
Set ActiveForm.Grafikas = Graf
End Sub

Public Sub Meniu_Mygtukai()
If LanguSk = 0 Then
    kaip = False
    MainForm.mnuFileClose.Enabled = kaip
    MainForm.mnuFileSave.Enabled = kaip
    MainForm.mnuFileSaveAs.Enabled = kaip
    MainForm.mnuFilePrint.Enabled = kaip
    MainForm.mnuEditCut.Enabled = kaip
    MainForm.mnuEditCopy.Enabled = kaip
    MainForm.mnuEditPaste.Enabled = kaip
    MainForm.mnuDarbasSkaiciuoti.Enabled = kaip

    MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(3).Enabled = kaip      ' Saugoti
    MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(4).Enabled = kaip      ' Uzdaryti
    MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(6).Enabled = kaip      ' Spausdinti
    MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(8).Enabled = kaip      ' Iskirpti
    MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(9).Enabled = kaip      ' Kopijuoti
    MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(10).Enabled = kaip     ' Istatyti
    MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(12).Enabled = kaip     ' Skaiciuoti
End If
End Sub

```

Skaičiavimo rezultatų langas – SkaicRezult (SkaicRez.frm)

Public Grafikas As Image

Private Sub Form_Activate()

```

MainForm.mnuFileClose.Enabled = True
MainForm.mnuFileSave.Enabled = True
MainForm.mnuFileSaveAs.Enabled = True
MainForm.mnuFilePrint.Enabled = True
MainForm.mnuEditCut.Enabled = False
MainForm.mnuEditCopy.Enabled = True
MainForm.mnuEditPaste.Enabled = False
MainForm.mnuDarbasSkaiciuoti.Enabled = False

MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(3).Enabled = True      ' Saugoti
MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(4).Enabled = True      ' Uzdaryti
MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(6).Enabled = True      ' Spausdinti
MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(8).Enabled = False     ' Iskirpti
MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(9).Enabled = True      ' Kopijuoti
MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(10).Enabled = False    ' Istatyti
MainForm.tbToolBar.Buttons.Item(12).Enabled = False    ' Skaiciuoti

```

End Sub

Private Sub Form_Load()

```

MainForm.LanguSk = MainForm.LanguSk + 1

```

End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

```

MainForm.LanguSk = MainForm.LanguSk - 1
MainForm.Meniu_Mygtukai

```

End Sub

Private Sub Form_Resize()

```
    RichTextBox1.Width = Me.ScaleWidth  
    RichTextBox1.Height = Me.ScaleHeight
```

End Sub

Programos modulis – Module1 (Module1.bas)

Public fMainForm As frmMain

Public Graf As Image

Sub Main()

```
    Set fMainForm = New frmMain  
    fMainForm.Show
```

End Sub