

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS

Jūrų technikos fakultetas

Laivo inžinerijos katedra

Renatas Stirbys

**KELTO "OPTIMA SEAWAYS"
AUŠINIMO SIURBLIO SISTEMOS
VIRPESIŲ TYRIMAS**

Laivų projektavimo ir statybos studijų programos magistro
baigiamasis darbas

Klaipėda, 2013

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO LYDRAŠTIS

Pildo magistro baigiamojo darbo autorius

.....
(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė)

.....
(magistro baigiamojo darbo pavadinimas lietuvių kalba)

Patvirtinu, kad magistro baigiamasis darbas parašytas savarankiškai, nepažeidžiant kitiems asmenims priklausančių autorių teisių, visas baigiamasis magistro darbas ar jo dalis nebuvo panaudotas Klaipėdos universitete ir kitose aukštosiose mokyklose:

.....
(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė ir parašas)

Sutinku, kad magistro baigiamasis darbas būtų naudojamas neatlygintinai 5 m. Klaipėdos universiteto studijų procese:

.....
(magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė ir parašas)

Pildo magistro baigiamojo darbo vadovas

Magistro baigiamąjį darbą ginti

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

.....
(data)

.....
(magistro baigiamojo darbo vadovo vardas, pavardė ir parašas)

Pildo katedros, kuruojančios studijų programą, administratorė

Baigiamasis darbas įregistruotas katedroje

(data)

.....
(katedros administratorės vardas, pavardė ir parašas)

Pildo Laivo inžinerijos katedros, kuruojančios studijų programą, vedėjas

Magistro baigiamąjį darbą ginti

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

.....
(data)

.....
(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

Recenzentais skiriu

(įrašyti recenzento vardą, pavardę)

.....
(įrašyti recenzento vardą, pavardę)

.....
(data)

.....
(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

SANTRAUKA

Stirbys R. *Kelto „Optima Seaways“ aušinimo siurblio sistemos virpesių tyrimas*. Laivų projektavimo magistratūros studijų programos baigiamasis darbas. Darbo vadovas dr. P. Mažeika, Klaipėdos universitetas: Klaipėda, 2013.

Raktažodžiai: virpesiai, laivas, keltas, virpesių matavimai, pagrindiniai varikliai.

Magistro baigiamojo darbo teorinėje dalyje analizuojami įvairūs virpesių lygio mažinimo būdai bei schemos laivuose. Aprašoma virpesių klasifikacija, pagrindiniai virpesių žadintojai laive, virpesių skaičiavimo būdai.

Eksperimentinėje dalyje pateikiama kelto „Optima Seaways“ siurblio virpesių matavimo metodika. Nagrinėjami reiso Klaipėda-Karlshamnas-Klaipėda metu atliktų matavimų rezultatai bei nustatomos tiriamo siurblio padidinto virpesių lygio priežastys.

Paskutinėje darbo dalyje pateikiamas racionalus sprendimas, reikalaujantis minimalių lėšų ir laiko sąnaudų, tiriamo siurblio virpesių lygio sumažinimui.

SUMMARY

Stirbys R. *Vibration analysis of ferry “Optima Seaways” cooling pump system*. Ship Design Master’s degree thesis. Supervisor Dr. P. Mažeika, University of Klaipėda: Klaipėda 2013.

Key words: vibration, vessel, ferry, vibration measurements, main engines.

The theoretical part of the Master’s thesis analyzes various vibration reduction systems and schemes in ships. Classification of vibrations on board, main vibration sources and vibration calculations are presented.

The experimental part presents methodic for vibration measuring of ferry “Optima Seaways” pump. Vibration data, received during passage Klaipėda- Karlshamn- Klaipėda, is analyzed and reason of high pump vibration level is identified.

Last part of thesis presents rational solution, with minimal cost and time expenses, for reduction of pump vibration level.

LENTELIŲ SĄRAŠAS

2.3.1 lentelė. Siurblio ir vamzdyno laisvųjų virpesių formų dažniai	52
3.1 lentelė. Modalinės analizės rezultatų palyginimas	56
3.2 lentelė. Harmoninės analizės rezultatų palyginimas	56

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1.1 paveikslas. Laive pasireiškiančių virpesių klasifikacija	15
1.1.2 paveikslas. Tipinis veikiančio dyzelinio variklio dažnių spektras	16
1.1.3 paveikslas. Variklio žadinamų virpesių klasifikacija	16
1.4.1 paveikslas. Vertikalios inercijos jėgos laiko ir dažnių grafikai	19
1.4.2 paveikslas. Degimo proceso sukeltų jėgų laiko ir dažnių grafikai	19
1.4.3 paveikslas. Variklio virpesių skaičiavimo modelis	20
1.4.4 paveikslas. Laivo korpuso sijų modifikacijos	21
1.4.5 paveikslas. Virpesių grafikai keičiant korpuso sutvirtinimus	21
1.4.6 paveikslas. Kylio sutvirtinimo variantai	22
1.4.7 paveikslas. Kinetinės energijos ir dažnių grafikas	23
1.4.8 paveikslas. Pasyvios vibracijų kontrolės ir elektromagneto kombinacija	23
1.4.9 paveikslas. Dvipakopė kompensatorių sistema „Collins“ klasės povandeniuose laivuose	24
1.4.10 paveikslas. „R/V Hugh R. Sharp“ variklių išdėstymo schema	24
1.4.11 paveikslas. Virpesių sukėlėjai sumontuoti ant danijos karo laivo reduktoriaus	25
1.4.12 paveikslas. AVC sistema	26
1.4.13 paveikslas. MR kompensatorius	26
2.1.1 paveikslas. AB „DFDS Seaways“ laivas „Optima“	27
2.1.2 paveikslas. Kelto „Seaways Optima“ pagrindinių variklių gėlo vandens kontūro aušinimo siurblys Nr. 2 (tyrimo objektas).....	28
2.1.3 paveikslas. Kelto „Seaways Optima“ pagrindinių variklių gėlo vandens kontūro aušinimo siurbliai	28
2.1.4 paveikslas. Siurblio kinematinė schema	29
2.2.1 paveikslas. ADASH A4400 virpesių analizatorius	31
2.2.2 paveikslas. ISO 10816 jutiklių padėtys vertikalioms rotacinėms mašinoms	33
2.2.3 paveikslas. Jutiklių padėtys eksperimento metu	33
2.2.4 paveikslas. Lloyd’s registro virpesių vertinimo kriterijai	35
2.2.5 paveikslas. Siurblio Nr.2 1GH1 virpesių matavimo taške gautas virpesių greičių grafikas atlikus „Bump“ testą.....	36
2.2.6 paveikslas. Siurblio Nr.2 1GH1 virpesių matavimo taško virpesių greičių FFT spektras gautas „Bump“ testo metu	37
2.2.7 paveikslas. Virpesių lygis V_{rms} 1GH1 taške (keltui plaukiant)	37
2.2.8 paveikslas. Virpesių spektras 1GH1 taške (keltui plaukiant).....	38

2.2.9 paveikslas. Reguliariai veikiančio siurblio Nr.1 1GH1 virpesių matavimo taško virpesių greičių FFT spektras gautas „Bump“ testo metu.....	39
2.2.10 paveikslas. Siurblių vamzdynų virpesių matavimo taškų schema.....	40
2.2.11 paveikslas. Virpesių matavimo jutiklio padėtis „vamzd 1“ „Bump“ testo metu.....	40
2.2.12 paveikslas. Tiriama siurblio Nr.2 slėgimo vamzdžio virpesių laiko grafikas	41
2.2.13 paveikslas. Reguliariai eksploatuojamo siurblio Nr.1 slėgimo vamzdžio virpesių laiko grafikas	41
2.2.14 paveikslas. Tiriama siurblio Nr.2 vamzdyno „vamzd 1“ taške „Bump“ testo virpesių spektras	42
2.2.15 paveikslas. Reguliariai eksploatuojamo siurblio Nr.1 vamzdyno taške „vamzd 1“ „Bump“ testo virpesių spektras.....	42
2.2.16 paveikslas. Tiriama siurblio Nr.2 vamzdynų virpesių spektras taške „vamzd 1“	43
2.2.17 paveikslas. Reguliariai eksploatuojamo siurblio Nr.1 vamzdynų virpesių spektras taške „vamzd 1“.....	43
2.2.18 paveikslas. Tiriama siurblio Nr.2 vamzdynų virpesių spektras taške „vamzd 4“	44
2.2.19 paveikslas.Reguliariai eksploatuojamo siurblio Nr.1 vamzdynų virpesių spektras taške „vamzd 4“	44
2.2.20 paveikslas. Tiriama siurblio Nr.2 slėgimo vamzdžio tvirtinimas.....	45
2.2.21 paveikslas. Reguliariai eksploatuojamo siurblio Nr.1 slėgimo vamzdžio tvirtinimas	45
2.2.22 paveikslas. GL rekomendacijos vamzdžių tvirtinimui	46
2.3.4 paveikslas. Tiriama siurblio Nr.2 ir artimų laivo konstrukcijų trimatis modelis	47
2.3.5 paveikslas. Medžiagų charakteristikų lentelė SolidWorks programoje.....	48
2.3.6 paveikslas. Siurblio su vamzdyno ir laivo dalimi baigtinių elementų modelis	48
2.3.7 paveikslas. „Nupjautų“ modelio dalių fiksavimas.....	49
2.3.8 paveikslas. Siurblio Nr.2 ir vamzdyno pirmoji savųjų virpesių forma (17,5 Hz)	50
2.3.9 paveikslas. Siurblio Nr.2 ir vamzdyno antroji laisvųjų virpesių forma (19,2 Hz)	50
2.3.10 paveikslas. Siurblio Nr.2 ir vamzdyno trečioji laisvųjų virpesių forma (21,0 Hz)	51
2.3.11 paveikslas. Siurblio Nr.2 ir vamzdyno ketvirtoji laisvųjų virpesių forma (29,1 Hz)	51
2.3.12 paveikslas. Siurblio Nr.2 ir vamzdyno penktoji laisvųjų virpesių forma (35,6 Hz).....	52
3.1 paveikslas. Slėgimo pusės vamzdžio laikikliai prieš (kairėje) ir po modernizacijos (dešinėje)...	53
3.2 paveikslas. Pirmoji modernizuotos sistemos laisvųjų virpesių forma (18,9 Hz).....	54
3.3 paveikslas. Harmoninės analizės grafiniai rezultatai esamai situacijai (didžiausia virpesių poslinkio amplitudė, esant 1kN jėgai, žadinančiai 17 Hz dažnio virpesius, siekia 20,1 μm)	55
3.4 paveikslas. Harmoninės analizės grafiniai rezultatai modernizuotai sistemai (didžiausia virpesių poslinkio amplitudė, esant 1kN jėgai, žadinančiai 17 Hz dažnio virpesius, siekia 5,5 μm)	55

3.5 paveikslas. Pertvaros virpesių poslinkiai vamzdžio laikiklio tvirtinimo vietoje prieš (kairėje) ir po modernizacijos (dešinėje)	56
3.6 paveikslas. Harmoninės analizės rezultatai	57

TURINYS

IVADAS	11
I.LITERATŪROS APŽVALGA IR ANALIZĖ	12
1.1. Virpesiai.....	12
1.2. Virpesių įvertinimo kriterijai ir normatyvai.....	16
1.3. Skaičiavimo metodai.....	17
1.4. Virpesių mažinimo būdai.....	18
II.TEORINIAI IR EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI	27
2.1. Tyrimo objektas	27
2.2. Eksperimentiniai tyrimai.....	29
2.2.1. Siurblio padidintų virpesių matavimo būdo parinkimas	30
2.2.2. Eksperimentinės tyrimo įrangos parinkimas	30
2.2.3. Virpesių matavimo taškų parinkimas.....	32
2.2.4. Siurblio virpesių lygio identifikavimo metodika	34
2.2.5. Virpesių šaltinių identifikavimo metodika.....	35
2.2.6. Eksperimento rezultatai ir analizė.....	36
2.3. Siurblio savųjų dažnių modeliavimas BEM metodu	46
2.3.1. Geometrinio modelio sukūrimas	46
2.3.2. Medžiagų charakteristikų parinkimas	47
2.3.3. Siurblio skaidymas baigtiniais elementais	48
2.3.4. Kraštinių sąlygų parinkimas.....	49
2.3.5. Rezultatų peržiūra ir analizė.....	49
III. SIURBLIO PADIDINTO VIRPESIŲ LYGIO SUMAŽINIMAS PAGRĪSTAS TEORINIAIS SKAIČIAVIM AIS	53
IŠVADOS	58
LITERATŪRA	59
PRIEDAI	60

IVADAS

Virpesių tyrimams ir virpesių mažinimui laive turi būti kreipiama daug dėmesio, nes nuo padidinto virpesių ir triukšmo lygio laive priklauso įgulos ir keleivių komforto sąlygos, įvairių mechanizmų patikimumas ir patvarumas. Dėl šios priežasties laivo virpesius reikia modeliuoti ir analizuoti dar laivo projektavimo stadijoje.

Veikiantys įrenginiai laivuose yra didžiulis žalingų virpesių šaltinis, todėl paskutiniu metu vis daugiau ieškoma būdų kaip juos sumažinti. Kuriamos naujos sistemos, kurios apsaugotų laivo korpusą nuo mechanizmų žadinamų virpesių. Tokios sistemos kartu pagerina gyvenimo ir komforto sąlygas paprastuose laivuose, tačiau karo laivuose, tai ir svarbus saugumo klausimas.

Su žalingų virpesių padariniais susidurė ir viena didžiausių Europos keltų linijų kompanija „DFDS Seaways“. Dėl per didelio virpesių lygio, kompanijai priklausančio kelto „Optima Seaways“, aušinimo siurblys Nr.2 pasiekė avarinį lygį. Šiuo metu kelte pagrinde eksploatuojamas rezervinis siurblys Nr.1, o siurblys Nr.2 gali būti paleistas tik avariniu atveju (pvz. sugedus siurbliui Nr.1).

Norint tęsti normalią siurblio Nr.2 eksploataciją, būtina sumažinti jo virpesių lygį. Šiam tikslui pirmiausia reikia atlikti siurblio virpesių matavimus ir išsiaiškinti padidinto virpesių lygio priežastys. O vėliau, pasinaudojus šiuolaikinėmis kompiuterinėmis priemonėmis, priimti racionalų sprendimą virpesių lygio sumažinimui. Šie etapai pateikiami mano baigiamajame darbe.

Darbo tikslas

Atlikti kelto „Optima Seaways“ aušinimo siurblio virpesių tyrimus ir pateikti rekomendacijas virpesių lygio mažinimui.

Darbo uždaviniai

- Atlikti mokslinių straipsnių ir kitų informacijos šaltinių apžvalgą ir analizę
- Sukurti eksperimento atlikimo metodiką
- Atlikti aušinimo siurblio virpesių matavimus
- Atlikti virpesių analizę ir nustatyti padidintų virpesių priežastis
- Pateikti sprendimą virpesių lygio mažinimui

I. LITERATŪROS APŽVALGA IR ANALIZĖ

1.1. Virpesiai

Virpesiai (mechaniniai virpesiai) tai kietojo kūno pasikartojantys judesiai apie pusiausvyros padėtį. Dažniausiai sąvoka mechaniniai virpesiai suprantama kaip mašinos, technologinio proceso nepageidaujamas rezultatas, lemiantis darbuotojo saugą ir sveikatą, taip pat mašinų darbo patikimumą, konstrukcijų patvarumą ir pan. Mechaniniai virpesiai yra periodiniai (pvz., sinusiniai) ir neperiodiniai (pvz., stochastiniai, pastovūs, kintantys, impulsiniai, plataus ir siauro virpesių dažnio diapazono) [10].

Šiuolaikinė rotorinių mašinų virpesių matavimo bei analizės technologija naudoja penkis virpesių parametrus [15]:

1. Amplitudė, x .
2. Dažnis, f .
3. Fazė, φ .
4. Virpesių signalo forma- orbitos forma.
5. Veleno kakliuko vidutinis poslinkis guolyje- žemo dažnio poslinkis.

Dažnis (angl. *frequency*) – fizikinis dydis, rodantis, kiek kartų įvykis pasikartoja per laiko vienetą. Norint apskaičiuoti įvykio dažnį, pasikartojimų skaičius per tam tikrą laiko tarpą dalinamas iš to laiko tarpo trukmės (periodo).

Taigi dažnis pagal apibrėžimą yra:

$$f = \frac{1}{T}, \quad (1.1)$$

čia T – periodas (laiko tarpas, per kurį įvyksta 1 svyravimas).

Amplitudė – svyruojančio dydžio kitimo matas fizikoje, parodantis dydžio vertės pokytį svyravimų metu.

Fazė- tai laiko intervalas ar kampas skiriantis du įvykius.

Pagal pasireiškimo pobūdį mechaniniai virpesiai skirstomi:

- Laisvieji
- Priverstiniai
- Savaiminiai

Laisvieji svyravimai - tai svyravimai, kai išvestas iš pusiausvyros materialus taškas svyruoja veikiamas tik grąžinamosios jėgos.

Priverstiniai svyravimai- tai svyravimai, kuriuos palaiko periodiškai veikianti kūną išorinė jėga.

Savaiminiai virpesiai (savaimė susižadinantys, autovirpesiai)- tai pastovios, periodiškai nekintančios jėgos poveikio sužadinti kūno virpesiai, kurie palaikomi pastovios energijos, suteikiamos kūnui, dydžio.

Pagal dažnį virpesiai skirstomi [2]:

- Labai žemo dažnio virpesiai 0- 2 Hz
- Žemo dažnio virpesiai 2-20 Hz
- Aukšto dažnio virpesiai virš 20 Hz

Virpesių šaltinių dažniai neretai gali sutapti su įvairių laivo konstrukcijų ir įrangos laisvaisiais virpesiais, kas išaukia virpesių rezonansą.

Rezonansas (lot. resonans) – reiškinys, kai sistemą veikiančios jėgos kitimo dažnis sutampa su tos sistemos laisvųjų svyravimų dažniu ir dėl to sistemai perduodama daugiausiai energijos bei smarkiai padidėja priverstinių virpesių amplitudė.

Rezonanso reiškinys pasitaiko gana dažnai kasdieniame gyvenime. Rezonansas gali būti tiek naudingas, tiek žalingas. Naudingas jis esti tada, kai reikia padidinti svyravimų amplitudę, pavyzdžiui, specialiais vibratoriais kalant polius, ardant kelio dangą, plūkiant gruntą. Nenaudingas – mašinų, pastatų, tiltų bei kitokių įrenginių suirimo priežastis. Elektros variklių arba garo turbinų greitai besisukančios detalės gali subyrėti, jeigu bus blogai centruotos, nes dėl to jų savųjų svyravimų dažnis gali atsitiktinai sutapti su variklio ar turbinos svyravimo dažniu. Siekdami išvengti pavojingų rezonanso padarinių, konstruktoriai iš anksto apskaičiuoja mašinų bei įrenginių savąjį dažnį, kad, eksploatuojant tuos įrenginius, rezonansas nepasireikštų.

Nustatyta, kad dažniausiai laivo korpusas pažeidžiamas deformacijų ir įtempių, kuriuos sukelia žemo dažnio virpesiai. Taip pat žemo dažnio virpesiai sukelia didžiausią diskomfortą įgulai.

Pagal pasireiškimo pobūdį laive virpesiai gali būti skirstomi į dvi pagrindines grupes:

1. Globalūs
2. Lokalūs

Esant globaliems virpesiams visos laivo sijos virpa priklausomai nuo žadinamų virpesių, kuriuos sukelia varikliai, velenai, sraigčiai ar jūros bangos. Lokalūs virpesiai pasireiškia kai atskira laivo konstrukcija ar mechanizmas rezonuoja, t.y. kai elemento laisvieji virpesiai sutampa su mechanizmų priverstiniais virpesiais.

Globalius virpesius būtina įvertinti laivo projektavimo metu.

Virpesius laivuose sukelia šie virpesių šaltiniai (1.1.1 pav.):

- Sraigtas (-ai) (periodiniai virpesiai)
- Variklias (-iai) (periodiniai virpesiai)

- Bangavimas (atsitiktiniai virpesiai)

Sraigto veikimas sukelia slėgio svyravimus vandenyje, kurie perduodami velenui ir galinei laivo korpuso daliai.

Slėgio svyravimams įtakos turi [2]:

- Kintanti sraigto stūmiamoji jėga
- Sraigto menčių kiekis, paviršiaus plotas, storis
- Kavitacija

Prognozuojant sraigto perduodamus virpesius korpusui, būtina apskaičiuoti žadinamų virpesių dažnį:

$$f = \frac{n_{sūk.} \cdot N}{60}, \quad (1.2)$$

čia $n_{sūk.}$ - veleno apsisukimų skaičius, aps/ min.

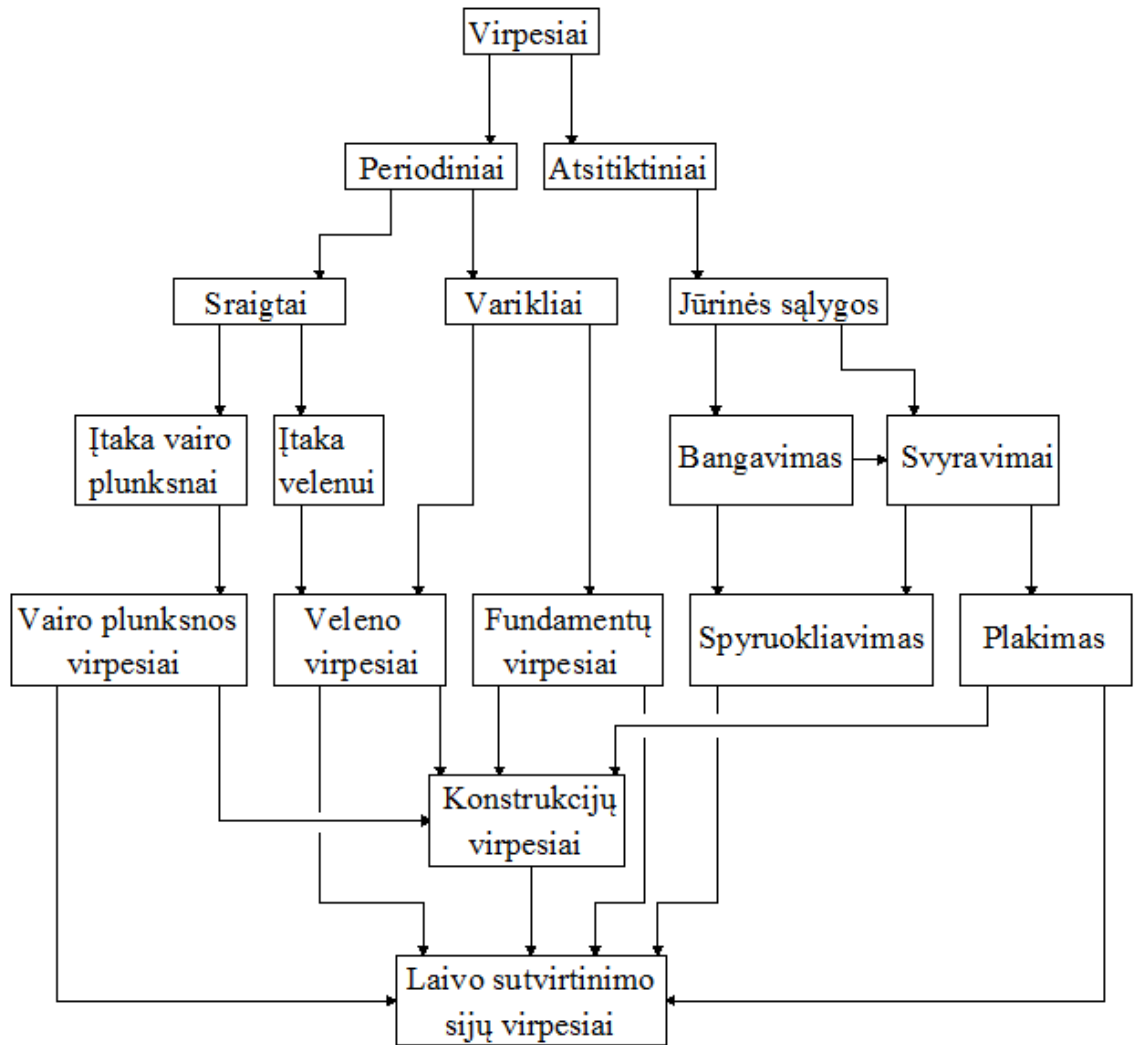
N - sraigto menčių skaičius.

Vidaus degimo variklio virpesius sukelia įvairūs reiškiniai: alkūninio veleno mechanizmas, išmetimo dujų, kuro ir oro padavimo sukelti slėgio svyravimai, vožtuvai, krumpliaračiai, turbinos veikimas (1.1.3 pav.). Paprastai vidaus degimo variklių žadinamų virpesių dažnis siekia 3- 30 Hz [2]. Virpesių lygis priklauso nuo variklio tipo ir dalinai nuo alkūninio veleno apsisukimų.

Prognozuojant variklio perduodamus virpesius laivo korpusui būtina žinoti variklio žadinamus dažnius ir savybes. Projektuojant laivą, tokią informaciją paprastai pateikia variklio gamintojas.

Paprastai matuojant virpesius, matuojamos absoliučiuųjų greičių kvadratinų vidurkių V_{RMS} reikšmės (Root Mean Square- RMS), šis greitis yra tiesiog proporcingas virpesių energijai. Taip pat kartais matuojami virpesių poslinkiai ir virpesių pagreičiai. Panaudojus Furjė transformacijas (Fast Fourier Transformation- FFT) išmatuotiems virpesiam gaunamas virpesių amplitudės ir dažnių priklausomybės grafikas, vadinamas dažnių spektru [4].

Moderniuose virpesių matavimo prietaisuose Furjė transformacijos paprastai atliekamos automatiškai. Tipinis veikiančio dyzelinio variklio dažnių spektras pavaizduotas 1.1.2 pav. Jame galima pastebėti keletą pikų (angl. peak), šiuo atveju pavaizduotos virpesių harmonikos. 1-a harmonika apibūdina veikiančio variklio (alkūninio veleno sūkių) virpesių amplitudę. Kitos harmonikos, tai kartotiniai dažniai [4].

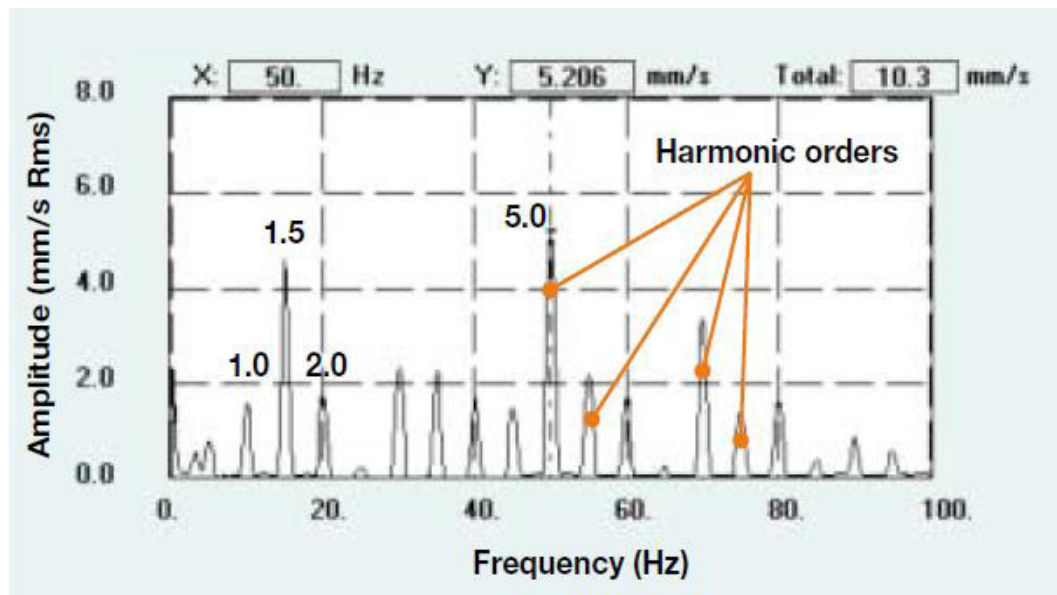


1.1.1 pav. Laive pasireiškiančių virpesių klasifikacija [2]

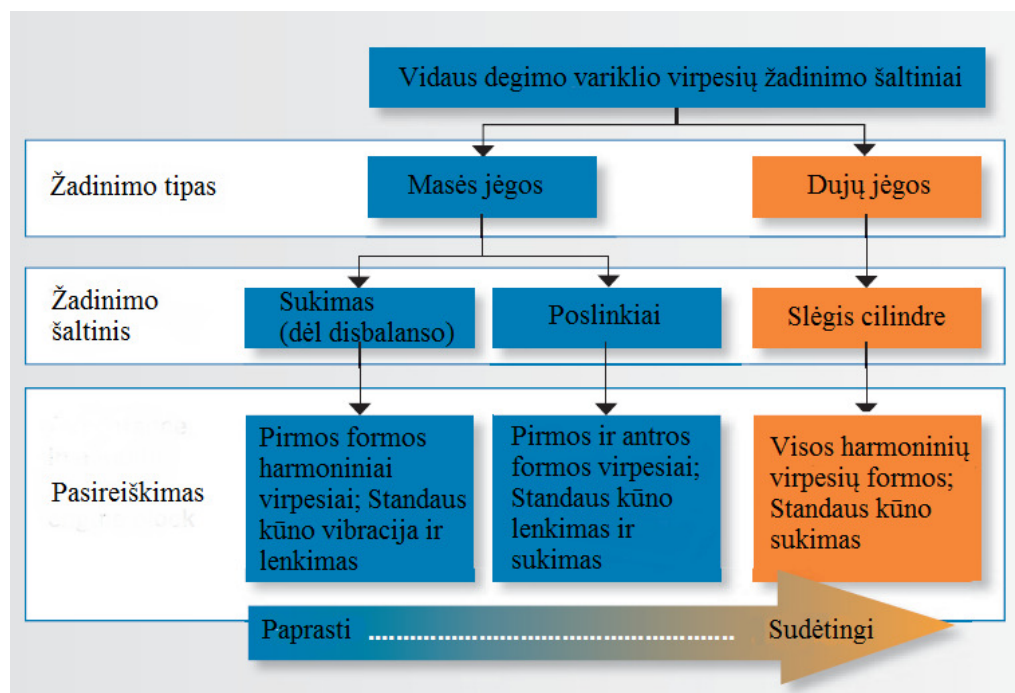
Paprastai dyzelinių variklių dažnių spektre sutinkamos 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 ir aukštesnės eilės harmonikos. Galima išvelgti minėtų harmonikų ryšį su virpesių forma [4]:

- Harmonika 0,5 (dujų jėgų sukiamas disbalansas)- standaus kūno poslinkiai
- Harmonika 1,0 (masės jėgos)- standaus kūnos poslinkiai ir lenkimas
- Harmonika 2,0 (masės jėgos)- lenkimas
- Pusinės harmonikos 1,5; 2,5 ir t.t. (dujų jėgos)- sukimas

Neretai variklio kartotiniai dažniai sukelia įvairių konstrukcijų rezonansą. Tai įvyksta kai sutampa savųjų konstrukcijos virpesių ir priverstinių virpesių dažniai.



1.1.2 pav. Tipinis veikiančio dyzelinio variklio dažnių spektras [4]



1.1.3 pav. Variklio žadinamų virpesių klasifikacija [4]

Jūros bangavimas paprastai sukelia labai žemo dažnio viso laivo korpuso virpesius (mažiau nei 2 Hz). Ramioje jūroje virpesių dažnis siekia vos 0,01 Hz. Tačiau šio tipo virpesiai neretai sukelia jūros ligą [2].

1.2. Virpesių įvertinimo kriterijai ir normatyvai

Triukšmo ir virpesių kriterijai gali būti suskirstyti į tris grupes: triukšmo ribojimas žmogaus komfortui ir saugumui, virpesių ribojimas žmogaus komfortui ir saugumui, ir virpesių ribojimas užtikrinti mechanizmų ir korpuso stabilumui bei saugiam darbui [9].

Virpesių ribojimas mechanizmam gali būti specifinis, tačiau yra numatyta nemažai standartų ir apribojimų atskiriems atvejams. Pavyzdžiui mechanizmų virpesių apribojimai pagal ISO 10816 (2009).

Pagal tarptautinį standartą ISO 2631 virpesių poveikis žmogui apibūdinamas [2]:

- Mažiau nei $0,3 \text{ m/s}^2$ - jokio diskomforto
- $0,3$ - $0,6 \text{ m/s}^2$ - nedidelis diskomfortas
- $0,6$ - $1,0 \text{ m/s}^2$ - juntamas diskomfortas
- $1,0$ - $1,6 \text{ m/s}^2$ - diskomfortas
- $1,6$ - $2,5 \text{ m/s}^2$ - didelis diskomfortas
- Daugiau nei $2,5 \text{ m/s}^2$ - pavojingas diskomfortas

1.3. Skaičiavimo metodai

Virpesių klasifikavimas pagal dažnius (aukšto ir žemo) atitinka ir sprendimo metodų skirstymą. Paprastai aukšto dažnio virpesiams skaičiuoti naudojama statistinė energijos analizė (Statistical Energy Analysis- SEA), o žemo dažnio virpesiams- baigtinių elementų metodas (Finite Element Analysis- FEA). Taip pat galimi ir mišrūs metodai siekiant panaikinti skaičiuojamų dažnių ribas [9].

Dėka spartaus kompiuterinių technologijų vystymosi dabar pakankamai greitai įmanoma atlikti viso laivo korpuso virpesių analizę. Trimatis baigtinių elementų metodas (FEM- finite element method)- tai vienas iš pagrindinių būdų nustatyti laivo virpesių charakteristikas. Pasinaudojus jomis galima apskaičiuoti viso laivo ir atskirų jo elementų rezonansinius dažnius bei suprojektuoti laivą taip, kad jis nerezontuotų dirbant pagrindiniams ir pagalbiniais varikliams bei sraigams.

Baigtinių elementų metodas (BEM)- skaitinis metodas, leidžiantis rasti apytiksliai diferencialinių lygčių dalinėmis išvestinėmis ar integralinių lygčių sprendinius. Metodo esmė - sritis, kurioje ieškomas sprendimas, suskaidoma į dalis (baigtinius elementus). Tada daroma prielaida, kad kiekviename elemente nagrinėjamas nežinomas kinta nesudėtingu dėsnio ir diferencialinė lygtis jame pakeičiama į algebrinių lygčių sistemą. Sujungus visų elementų sistemas gaunama sistema, kurią išsprendus gaunamas atsakymas.

Projektuojant mašinų elementus, pastatus, statinius, automobilių, laivų ir lėktuvų korpusus ir kt. sprendžiami įvairūs mechanikos uždaviniai.

BEM galima spręsti šiuos mechanikos uždavinius:

- Statikos uždavinys- įtempių ir deformacijų būvio nustatymas tampriai arba plastiškai deformuotuose kūnuose;
- Modalinis uždavinys- mechaninės sistemos savųjų dažnių ir savųjų formų nustatymas
- Dinamikos uždavinys- mechaninės sistemos elgsena veikiant harmoninėms apkrovoms esant pereinamajam arba nusistovėjusiam režimui;
- Stabilumo uždavinys- kritinės apkrovos stabilumą praradusio mechaninės sistemos formos nustatymas;
- Kontaktuojančių kūnų uždavinys- įtempių ir deformacijų būvio nustatymas kūnų kontakto vietose;
- Nuovargio uždavinys- mechaninės sistemos ilgaamžiškumo nustatymas veikiant ciklinėms apkrovoms

1.4. Virpesių mažinimo būdai

Virpesių mažinimo būdus galima suskirstyti į:

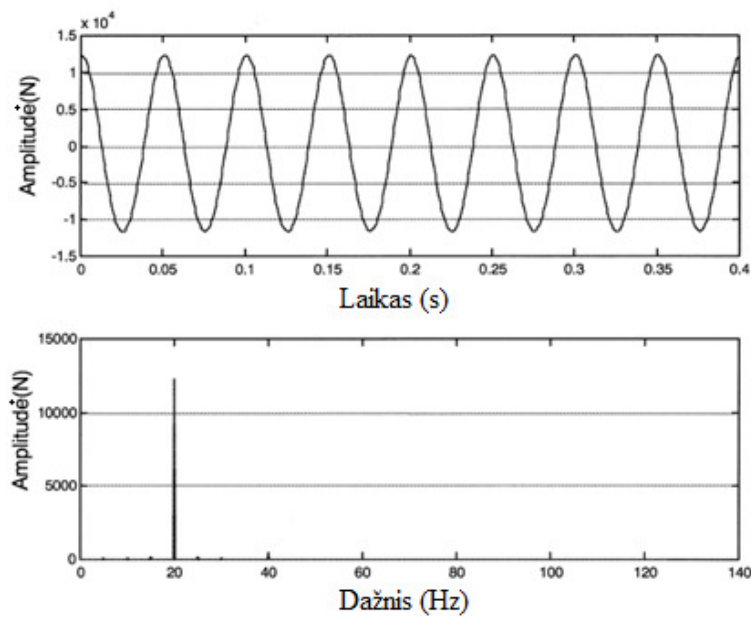
- Pasyvius
- Aktyvius

Pasyvūs virpesių mažinimo būdai laivo konstrukcijose gali būti skirstomi:

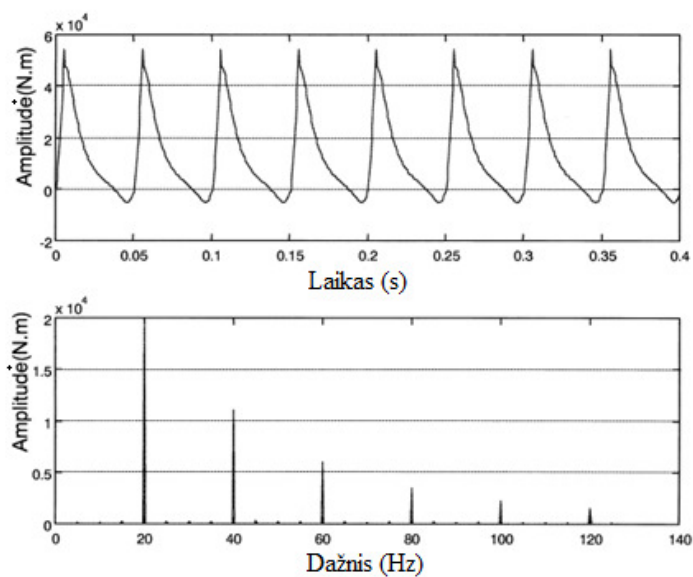
1. Virpesių mažinimas virpesių šaltinio vietoje. Paprastai tai slopinimo elementų panaudojimas, taip pat fundamentų ir aplinkinių konstrukcijų tobulinimas.
2. Virpesių sklidimo laivo korpusu mažinimas.
3. Virpesių mažinimas konkretaus paveikto elemento vietoje. Slopinimo elementų panaudojimas.

Projektuojant virpesių slopinimo elementus dyzeliniams varikliams tradiciškai buvo atsižvelgiama tik į stūmoklio- alkūninio veleno sukiamas inercijos jėgas, tačiau degimo procesų sukiamos jėgos buvo atmetamos norint supaprastinti projektavimo uždavinį. Anksčiau analitiškai ir eksperimentiškai buvo įrodyta, kad degimo procesų sukiamos jėgos padidina triukšmo lygį vidaus degimo varikliuose, tačiau H. Zheng, G. R. Liu, J. S. Tao ir K. Y. Lam savo darbe „FEM/BEM analysis of diesel piston- slap induced ship hull vibration and underwater noise“ įrodė, kad degimo procesas taip pat turi įtakos ir virpesiams. Minėtame darbe buvo nustatyta, kad variklio vertikali inercijos jėga sukelia tik tam tikro dažnio harmoninius virpesius ir tai būdinga visiems

dyzeliams (1.4.1 pav.). Tačiau degimo proceso virpesių dažnių spektras parodė, kad yra žadinami ne vieno dažnio virpesiai, t.y. kartotiniai dažniai (1.4.2 pav.).



1.4.1 pav. Vertikalios inercijos jėgos laiko ir dažnių grafikai [5]



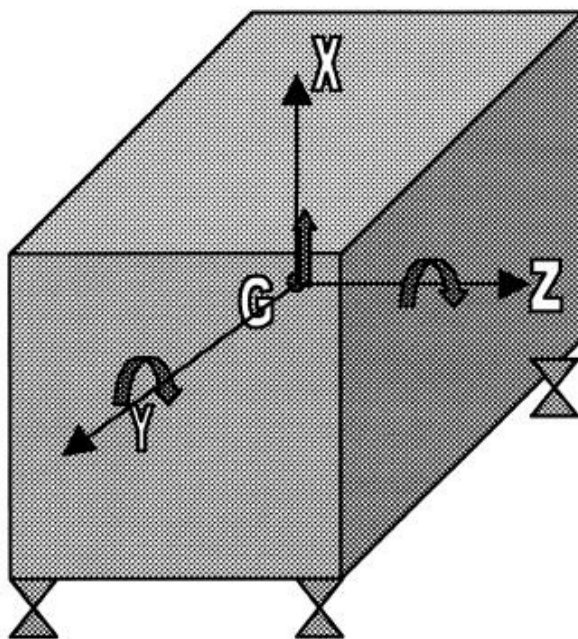
1.4.2 pav. Degimo proceso sukeltų jėgų laiko ir dažnių grafikai [5]

Variklio virpesius, pagal jų pasireiškimo vietą, galima suskirstyti į dvi grupes:

1. Vidiniai virpesiai. Tai variklio vidinių tarpusavyje sujungtų dalių virpesiai.
2. Išoriniai virpesiai. Tai viso variklio bloko virpesiai, kuriuos sukelia disbalanso jėgos ir momentai.

Virpesių slopinimo tyrimams variklis nagrinėjamas kaip standus kūnas, turintis šešis laisvės laipsnius (DOF degrees of freedom), tai linijiniai virpesiai išilgai x, y, z ašies ir momentai aplink kiekvieną ašį. Tačiau tiriant variklių keliamus virpesius analizuojami tik trys režimai (1.4.3 pav.) [5]:

- Vertikalūs virpesiai X ašies kryptimi dėl vertikalųjų disbalanso jėgų.
- Sukimo momentas apie Z ašį dėl disbalanso jėgų skirtingose plokštumose.
- Sukimo momentas apie ašį Y dėl ciklinių apkrovų.

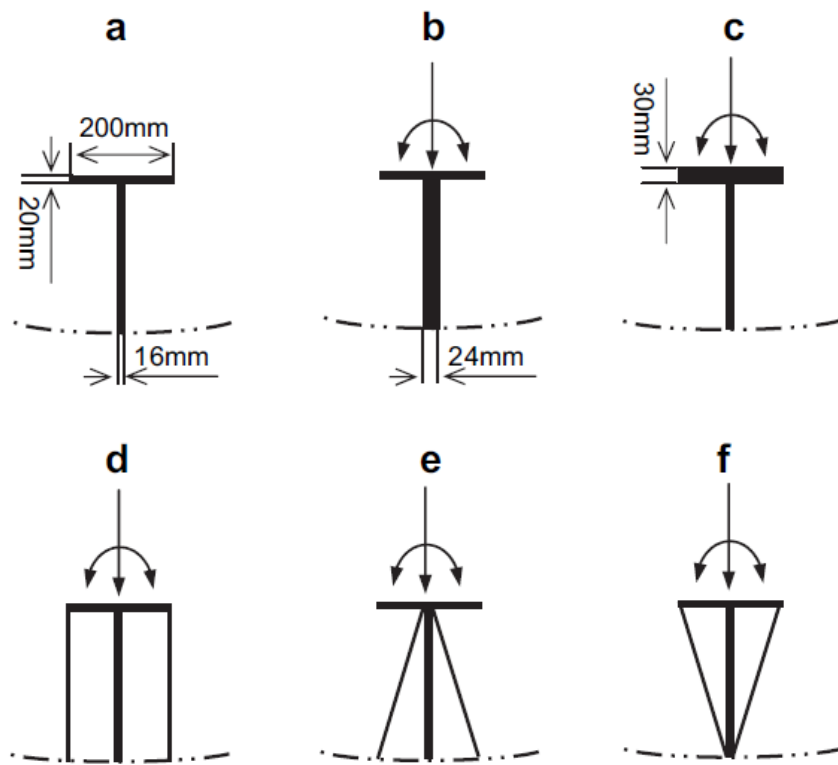


1.4.3 pav. Variklio virpesių skaičiavimo modelis [5]

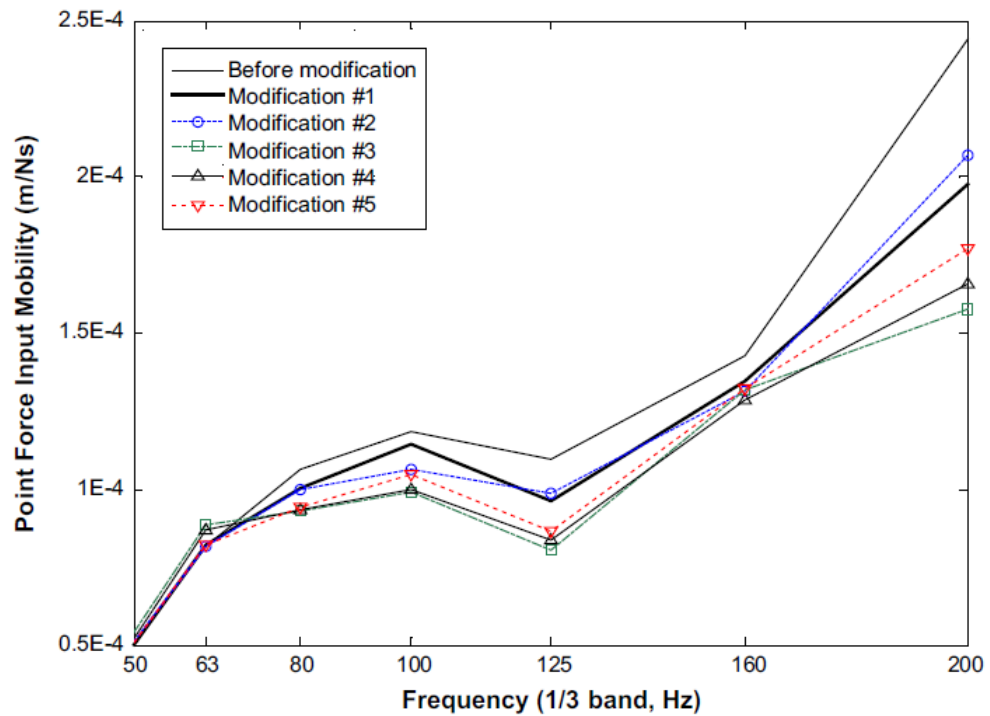
Virpesių mažinimas keičiant korpuso konstrukciją variklio vietoje

Energijos perdavimas nuo šaltinio į laivo korpusą gali būti kontroliuojamas keičiant konstrukcijos, kurioje yra virpesių šaltinis, standumą. Tian Ran Lin, Jie Pan, Peter J. O'Shea ir Chris K. Mechefske darbe „A study of vibration and vibration control of ship structures“ pasiūlytos penkios korpuso sijų modifikacijos (1.4.4 pav.) ir virpesių pokyčio analizė.

Nustatyta, kad visos modifikacijos reikšmingų skirtumų virpesių poslinkių greičiams neturėjo iki 63 Hz. Tačiau didėjant virpesių dažniui, modifikacijų nauda išryškėja (1.4.5 pav.).



1.4.4 pav. Laivo korpuso sijų modifikacijos; a) prieš modifikaciją; b) 1-as variantas; c) 2-as variantas; d) 3-ias variantas; e) 4-as variantas; f) 5-as variantas. [14]

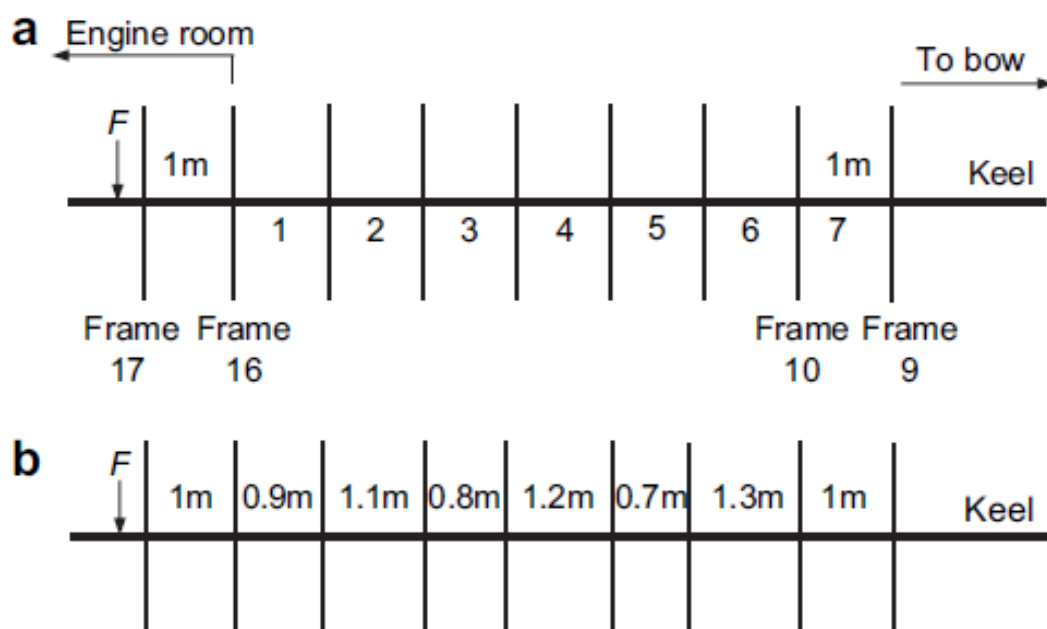


1.4.5 pav. Virpesių grafikai keičiant korpuso sutvirtinimus [14]

Virpesių sklidimo kontrolė

Kaip matyti 1.4.5 pav. korpuso modifikacijos yra neveiksmingos prieš žemo dažnio virpesius. Tradiciniai slopinimo elementai taip pat- neveiksmingi.

Tian Ran Lin, Jie Pan, Peter J. O'Shea ir Chris K. Mechefske darbe „A study of vibration and vibration control of ship structures“ nagrinėja virpesių sklidimą korpuso sutvirtinimais. Nustatyta, kad netaisyklingai išdėsčius pagrindinius sutvirtinimus (pvz. špantus) galima susilpninti žemo dažnio virpesių bangų sklidimą. Buvo sumodeliuoti du kylio sutvirtinimo variantai, kai špantai išdėstyti vienodais ir skirtingais atstumais (1.4.6 pav.). 1.4.7 pav. galima pastebėti, kad prie žemų dažnių energijos perdavimas korpusui yra žymiai mažesnis kai španhantai išdėstyti skirtingais atstumais.

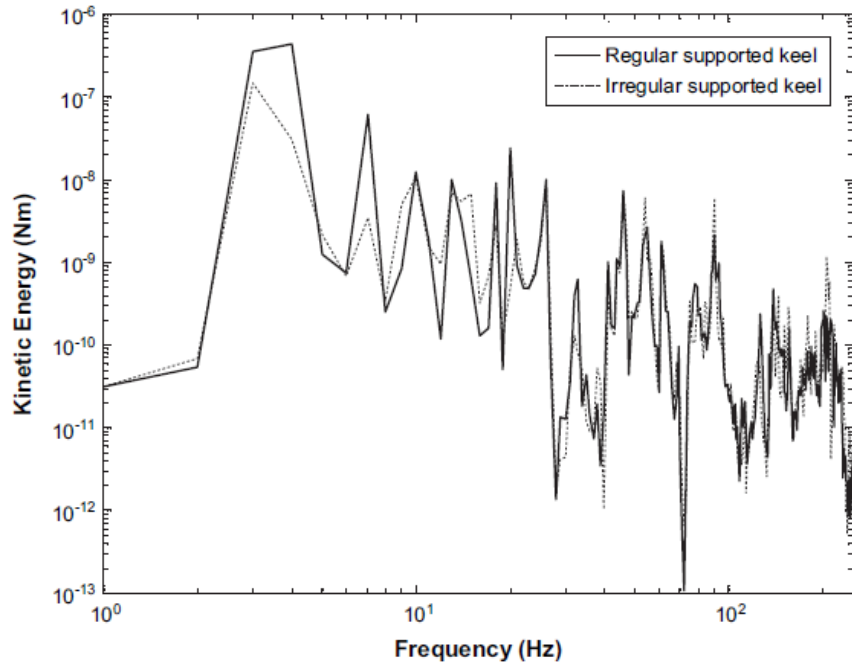


1.4.6 pav. Kylio sutvirtinimo variantai: a) tolygiai išdėstyti španhantai; b) netolygiai išdėstyti španhantai [14]

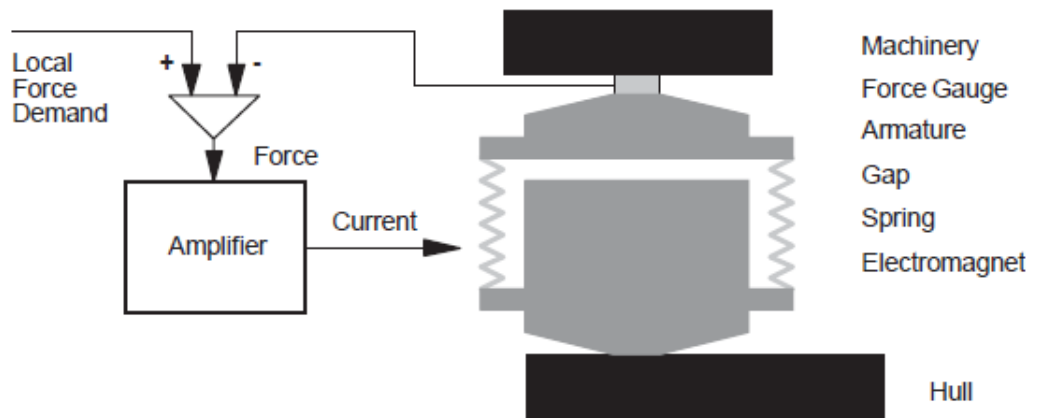
Pasyvioji virpesių kontrolė naudota, kaip tradicinis problemos sprendimo būdas, tačiau, kaip minėta anksčiau, jos veiksmingumas yra dalinai ribotas esant žemiems virpesių dažniams. Dėl šios priežasties imta ieškoti naujų sprendimo būdų, vienas iš jų- aktyvioji virpesių kontrolė.

S. Daley, F.A. Johnson, J.B. Pearson, R. Dixon savo darbe „Active vibration control for marine applications“ aprašo aktyviają virpesių slopinimo sistemą „Smart Spring“.

Tai sistema, kurios pagrindą sudaro pasyvosios virpesių kontrolės (spyruoklės) ir elektromagneto kombinacija (1.4.8 pav.).



1.4.7 pav. Kinetinės energijos ir dažnių grafikas [14]

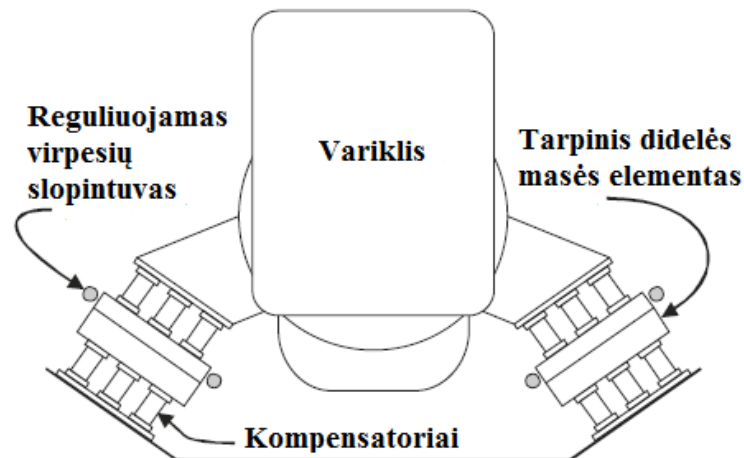


1.4.8 pav. Pasyvios vibracijų kontrolės ir elektromagneto kombinacija [11]

Srovė elektromagneto ritėje yra reguliuojama valdymo pultu ir davikliu, tai užtikrina, kad sukuriama jėga pilnai atsveria išorines jėgas. Tokia sistema puikiai gali būti panaudota pagrindinių ir pagalbinių variklių tvirtinimui.

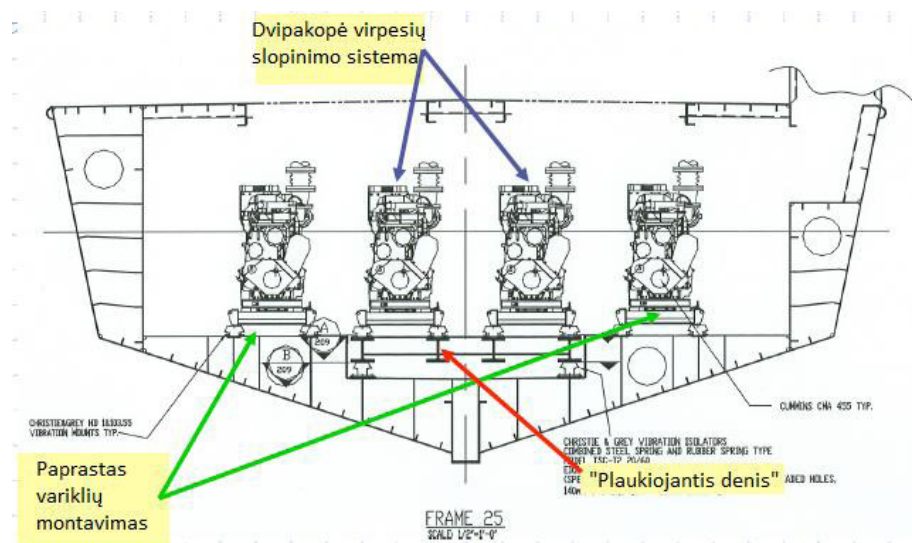
Laivuose, kuriems keliami aukšti virpesių ir garso apribojimai (pvz. kariniai, mokslinių tyrimų laivai), plačiai paplitusi dvipakopė virpesių slopintuvų sistema. Tokią sistemą sudaro du komplektai paprastų gumos kompensatorių, tarp kurių montuojama tarpinis didelės masės elementas, kuris smarkiai slopina perduodamus virpesius laivo konstrukcijai. Ant tarpinio elemento

dar motuojamas reguliuojamas virpesių slopintuvas, tai mažesnės masės plokštelės sumontuotos ant reguliuojamų strypelių. Reguluojant juos yra keičiamas slopintuvo savasis dažnis, kuris sąveikauja su virpesių žadintojo keliamu dažniu. Sistemos trūkumas, kad slopintuvas veikia tik siaurame dažnių intervale, t.y. jei keičiamas pvz. variklio greitis slopintuvas turi būti reguliuojamas iš naujo. Dvipakopė kompensatorių sistema plačiai naudojama povandeniniuose karo laivuose pagrindinių ir pagalbinių variklių bei mechanizmų montavimui (žr. 1.4.9 pav.).



1.4.9 pav. Dvipakopė kompensatorių sistema „Collins“ klasės povandeniniuose laivuose [16]

Dvipakopės virpesių slopinimo sistemos atmaina- „plaukiojantis“ denis panaudota Delaware universiteto mokslinių tyrimų laive „R/V Hugh R. Sharp“. Šiuo atveju antros eilės kompensatoriai montuojami po atskira laivo korpuso platforma ant kurios montuojami varikliai (žr. 1.4.10 pav.).



1.4.10 pav. „R/V Hugh R. Sharp“ variklių išdėstymo schema [8]

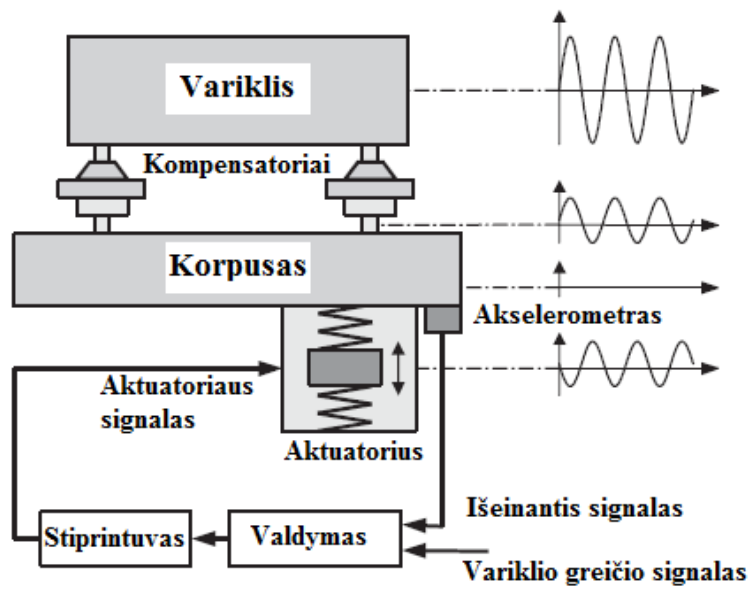
Danijos karo laivuose naudojami specialūs virpesių sukėlėjai pavaizduoti 1.4.11 pav. (elektromechaniniai akuatoriai). Šių virpesių sukėlėjų skleidžiamų virpesių dažnių fazė skiriasi 180 laipsnių nuo mechanizmo skleidžiamų virpesių. Taip žadintojo virpesiai yra maksimaliai slopinami. Tokia sistema turi automatinį valdymą, kuris priklausomai nuo mechanizmo greičio nustato sukėlėjo žadinamų virpesių dažnį.



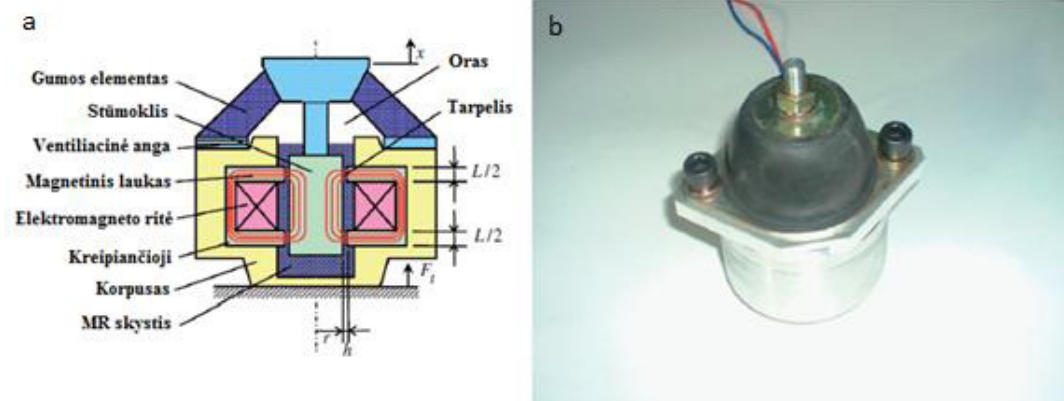
1.4.11 pav. Virpesių sukėlėjai sumontuoti ant danijos karo laivo reduktoriaus [13]

C. Bohn, A. Cortabarría, V. Hartel ir K. Kowalczyk savo darbe „Active control of engine-induced vibrations in automotive vehicles using disturbance observer gain scheduling“ aprašo labai panašią aktyviają virpesių slopinimo AVC (active vibration control) sistemą (žr. 1.4.12 pav.). Skirtumas nuo Danijos karo laivuose naudojamos sistemos yra tas, kad virpesių slopinimo akuatorius tvirtinamas ant korpusinės konstrukcijos, o ne ant virpesių žadintojo. Sistemoje naudojamas elektromagnetinis didelės masės akuatorius.

Pakankamai neseniai buvo sukurti pusiau aktyvūs virpesių kompensatoriai, kurių vidus užpildytas magnetoreologiniu (MR) skysčiu. Tokios sistemos schema pavaizduota pav. 1.4.13 MR kompensatorius susideda iš gumos elemento ir magnetoreologinio skysčio talpos. MR skysčio talpa susideda iš stūmoklio, elektromagneto ritės, kreipiančiosios ir korpuso. Veikiant elektromagnetui, jo sukuriamas laukas keičia magnetoreologinio skysčio savybes (takumą). Kintant skysčio savybėms, kinta ir kompensatoriaus kuriama pasipriešinimo jėga.



1.4.12 pav. AVC sistema [1]



1.4.13 pav. MR kompensatorius: a) schema, b) nuotrauka [12]

II. TEORINIAI IR EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI

2012 m. lapkričio 29-30 dienomis reiso metu Klaipėda-Karlskrona-Klaipėda buvo atlikti keltų „Seaways Optima“ aušinimo siurblio ALLWEILER NIM 250-250 S geometrijos ir padidinto virpesių lygio matavimai. Taip pat išmatuotos gretimos laivo korpuso konstrukcijos (išilginė pertvara, fundamentas, vamzdynai). Be geometrinių parametrų modeliavimas ir tuo labiau virpesių analizė būtų netikslinga, o gauti rezultatai klaidingi. Pasinaudojus keltų archyvuojama technine dokumentacija, buvo surinkta informacija apie siurblio techninius parametrus.

2013 m. balandžio 9-10 dienomis atlikti pakartotiniai matavimai siekiant išsamiau išsiaiškinti siurblio padidinto virpesių lygio priežastys.

Siurblio geometrija sumodeliuota SolidWorks, o virpesių analizė atlikta Workbench programose (Ansys modulis). Šios programos pasirinktos dėl savo gero suderinamumo tarpusavyje ir paprasto naudojimo.

2.1. Tyrimo objektas

AB "DFDS Seaways" laivas „Optima“ (2.1.1 pav.)- tai 186 metrų ilgio ro-ro tipo keleivinis keltas, pastatytas 1999 metais Italijoje. Keltą sumontuoti du pagrindiniai MAN/B&W 9L tipo varikliai, kurių kiekvieno galingumas siekia 9450 kW. Keltas 3-4 kartus per savaitę plaukia maršrutu (keltų linija) Klaipėda-Karlskrona-Klaipėda. Keleiviams įrengtos 252 vietos kajutėse bei 72 vietos sėdimų vietų salone.

Tyrimo objektas- keltų pagrindinių variklių gėlo vandens kontūro aušinimo siurblys (2.1.2 pav.). Keltų mašinų skyriuje šalia vienas kito sumontuoti du identiški siurbliai, vienas- pagrindinis, kitas- „stand- by“ (rezervinis) (2.1.3 pav.). Padidintas virpesių lygis pasireiškia tik tiriama siurbliui. Šiuo metu dėl didelio virpesių lygio jis nėra eksploatuojamas ir gali būti panaudotas tik avariniu atveju. Be to tiriama siurblio virpesių lygis nepriklauso nuo to ar jis eksploatuojamas ar ne.



2.1.1 pav. AB „DFDS Seaways“ laivas „Optima“

Siurblio pagrindiniai techniniai parametrai (kiti siurblio parametrai žr. 2-as priedas):

Našumas: 1000 m³/h

Darbinis slėgis: 8 bar

Elektros variklio galingumas - 90 kW

Apsisukimai - 1450 aps/min

Elektros variklio masė- 610 kg

Siurblio masė - 834 kg

Bendra masė - 1444 kg

Bendri siurblio geometriniai parametrai:

Aukštis - 2055mm

Plotis - 800mm

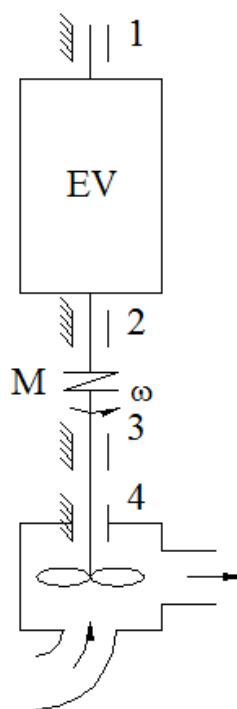
Atstumas tarp pasijungimo flanšų - 1300mm



2.1.2 pav. Kelto „Seaways Optima“ pagrindinių variklių gėlo vandens kontūro aušinimo siurblys Nr. 2 (tyrimo objektas)



2.1.3 pav. Kelto „Seaways Optima“ pagrindinių variklių gėlo vandens kontūro aušinimo siurbliu



2.1.4 pav. Siurblio kinematinė schema

Čia: EV- elektros variklis; 1, 2- elektros variklio riedėjimo guoliai; M- mova; 3, 4- išcentrinio siurblio riedėjimo guoliai.

2.2. Eksperimentiniai tyrimai

Aušinimo siurblio virpesių aktyvumo (virpesių lygio) tyrimo metodika skirta:

- Išmatuoti ir įvertinti bendrą siurblio virpesių lygį (vibroaktyvumą), turinčio įtakos tiriamosios mašinos darbo patikimumui;

- Nustatyti žadinamų virpesių išorinius šaltinius.

Tiriamo aušinimo siurblio virpesių aktyvumo tyrimo metodiką sudaro šios dalys:

- Siurblio virpesių matavimo būdo parinkimas.
- Siurblio virpesių aktyvumo (virpesių energijos) matavimo priemonės parinkimas.
- Matavimo taškų ant tyrimo objektų parinkimo metodika.
- Siurblio virpesių lygio/virpesių intensyvumo (vibroaktyvumo) įvertinimo metodika.
- Siurblio padidinto intensyvumo virpesių šaltinių identifikavimo metodika.

2.2.1. Siurblio padidintų virpesių matavimo būdo parinkimas

Įvertinus tai, jog tiriamojo siurblio pagrindiniai besisukantys mazgai yra korpuso viduje ir nėra tiesioginio priėjimo prie jų, todėl tyrimų objektų virpesių lygiai (aktyvumas) turi būti matuojami netiesioginiu būdu. Pasirinktasis virpesių lygio matavimo būdas pagrįstas mašinų rotorinių atramų su riedėjimo ir slydimo guoliais virpesių energijos (virpesių lygio) matavimu. Šie matavimai suteikia galimybę netiesioginiu būdu išmatuoti ir kiekybiškai įvertinti šiuos mašinų virpesių šaltinius:

- Rotorių disbalansą;
- Velenų bendraašiškumo nuokrypius;
- Defektinius arba besivystančius defektus įvairių tipų riedėjimo ir hidrodinaminių slydimo guoliuose;
- Padidintų laisvumus mašinos elementų mazguose (porose);
- Rotorių kliuvimą už korpusų ir kitų elementų;
- Bloko mašinos tvirtinimo pamate defektus;
- Defektus atsiradusius mechaninėse perdavose;
- Kitus virpesių šaltinius.

Visi šie išvardinti virpesių šaltiniai turi įtakos mašinos patikimumui ir ilgaamžiškumui.

Rotorinių mašinų elementų žadinamo virpesių lygio ir virpesių šaltinių identifikavimo metodika pagrįsta šių virpesių duomenų formatų analize:

- Absoliučiuųjų virpesių V_{RMS} greičių kvadratinio vidurkio lyginimo su rekomenduojamomis tarptautinio ISO 10816 standarto normomis.
- Absoliučiuųjų virpesių greičių spektrine analize.
- Absoliučiuųjų virpesių greičio kitimo laike grafikų analize.

2.2.2. Eksperimentinės tyrimo įrangos parinkimas

Kelto „Seaways Optima“ aušinimo siurblio virpesių matavimams buvo pasirinktas ADASH A4400 virpesių signalų analizatorius (žr. priedai). Tai profesionalus įrenginys skirtas įvairių mechanizmų defektavimui, balansavimui ir duomenų kaupimui.

Prietaisas pasirinktas dėl šių privalumų:

- Galimybė matuoti bendrą mašinos atramų absoliučiuųjų virpesių lygį išreikštą per absoliučiuųjų greičių kvadratinį vidurkį V_{RMS} reikšmes ir jas

palyginti su tarptautinio ISO 10816 rekomenduojamomis virpesių reikšmėmis;

- Patogus rotorų balansavimo modulis
- Galimybė indentifikuoti rotorų disbalansą, velenų bendraašiškumo nuokrypius ir laisvumą, guolių defektus
- Lygiagrečiai veikiantys procesoriai užtikrina spartų signalų apdorojimą

ADASH A4400 virpesių signalų analizatorius pavaizduotas 2.2.1 pav.



2.2.1 pav. ADASH A4400 virpesių analizatorius [6]

Duomenų perkėlimui iš analizatoriaus į kompiuterį naudojama programinė įranga DDS 2011 (Digital Diagnostics System). Tai sistema skirta virpesių diagnostikos duomenų kaupimui, jų įvertinimui bei apdorojimui.

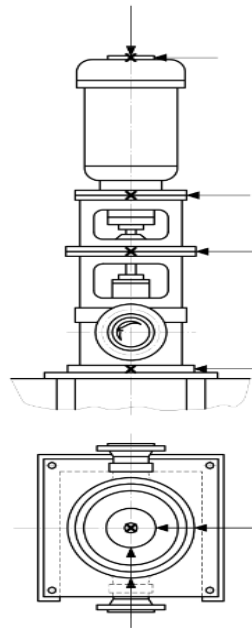
Įprastai laivo eksploatacijos metu veikia labai daug įvairių mechanizmų, kurie žadina įvairių dažnių virpesius, t.y. aplinkos virpesių dažnių intervalas labai platus. Tam tikrose patalpose (pvz. mašinų skyriuje) vyrauja agresyvi aplinka: aukšta temperatūra, lijuose gali būti susikaupusio vandens ar naftos produktų liekanų. Atsižvelgiant į šiuos faktorius siurblio virpesių matavimams pasirinktas pjezoakselerometrinis virpesių pagreičių jutiklis Wilcoxon 797 (žr. 3-ias priedas).

Absoliučiuju virpesių energijai fiksuoti pasirinkti virpesių pagreičių jutikliai dėl šių priežasčių:

- Platus matuojamų virpesių dažnių intervalas
- Platus matuojamų virpesių amplitudžių intervalas
- Platus temperatūrų intervalas
- Didelis matavimo jautrumas
- Nedideli jutiklio gabaritiniai matmenys
- Patogus jutiklio montavimas
- Galimybė naudoti su virpesių signalų analizatoriumi ADASH A4400

2.2.3. Virpesių matavimo taškų parinkimas

Renkantis matavimo taškų padėtis buvo vadovaujamasi tarptautiniu standartu ISO 10816. Pjezoakselerometrinis jutiklis magnetu tvirtintas ant rotorinės sistemos riedėjimo ir hidrodinaminių slydimo guolių atramų plokščių paviršių vadovaujantis tarptautinio standarto ISO 10816 rekomendacijomis (žr. 2.2.2 pav.). Kadangi eksperimento objekto padidėjęs virpesių lygis pasireiškia net objektui neveikiant, bet dirbant pagrindiniams varikliams, buvo padaryta išvada, kad virpesius žadina išoriniai (-is) veiksniai. Dėl šios priežasties matavimo taškų išdėstymo metodika nežymiai skiriasi nuo standartinės metodikos defektuojant veikiančius įrenginius (kai kiekvienas guolis matuojamas trimis kryptimis). Šiuo atveju matuosime tik siurblio ašiai statmena kryptimi. Kadangi virpesių lygis priklauso nuo standumo ir kitų parametru, tai aišku, kad standumas didžiausias bus ties siurblio pamatu ir mažiausias viršutinėje įrenginio dalyje, t.y. ties elektros varikliu. Šioje vietoje virpesių lygis turėtų būti didžiausias. Norėdami įsitikinti tuo pasirenkame tris matavimų zonas: 1- siurblio guoliavietė; 2- elektro variklio apatinė guoliavietė; 3- elektros variklio viršutinė guoliavietė. Matavimų zonos pasirenkamos standžiose vietose (guoliavietėse) siekiant išvengti pašalinių siurblio elementų sukeltų virpesių ir išgauti tikslesnius matavimų rezultatus. Rotorinių sistemų žadinančių virpesių energija jutikliu, kiekvienoje zonoje, matuota dviem horizontaliomis (viena kitai statmenomis) kryptimis. Kaip pavaizduota jutiklio tvirtinimo ant siurblio paveiksle 2.2.3 .



2.2.2 pav. ISO 10816 jutiklių padėtys vertikaliosioms rotacinėms mašinoms [6]



2.2.3 pav. Jutiklių padėtys eksperimento metu

Čia 1GH1, 1GH2, 2GH1, 2GH2, 3GH1, 3GH2- seisminio pjezoakselometrinių jutiklio tvirtinimo ant mašinos guolių atramų kryptys. Pirmas skaičius ir raidė G žymi guolio numerį, kita raidė žymi matavimo kryptį (šiuo atveju H- kryptis horizontali), paskutinis skaičius žymi jutiklio padėtį (1- statmenai laivo ašinei linijai, 2- išilgai laivo ašinės linijos).

2.2.4. Siurblio virpesių lygio identifikavimo metodika

Kadangi, šiais laikais, virpesių lygis laivuose reglamentuojamas klasifikacinių bendrovių, tai virpesių lygis vertinamas vadovaujantis klasifikacinės bendrovės Lloyd's register (šiam registriui priklauso keltas „Optima Seaways“) rekomendacijomis.

Nagrinėjant mechaninę laivo dalį, klasifikacinių bendrovių reikalavimai paprasatai taikomi, kai rotorinių mechanizmų galingumas viršija 10kW. Pagal ISO 10816 standartą virpesių matavimai išreiškiami absoliučiuju virpesių greičių kvadratinio vidurkio V_{RMS} reikšmėmis (10÷1000 Hz).

Rotorinių mašinų klasės pagal Lloyd's registrą [7]:

- 1-a klasė: elektros variklio galia neviršija 15kW
- 2-a klasė: vidutinio dydžio mašinos be specialių fundamentų ir elektros variklio galia 15-75kW; su specialiu standžiu fundamentu elektros variklio galia iki 300kW.
- 3-ia klasė: didelės mašinos su sustiprintu standžiu fundamentu, kuris susietas su laivo korpuso sutvirtinimų tinklu. Elektros variklio galia virš 300kW.
- 4-a klasė: didelės mašinos su amortizuojančiu fundamentu virpesių energijos kryptimi. Elektros variklio galia virš 300kW.

Kadangi mūsų tiriamas siurblys turi standų fundamentą ir nesiekia 300kW, tai jis priskiriamas 2-os klasės rotorinėms mašinoms.

Matuojant vienoje zonoje keliomis kryptimis, virpesiams įvertinti pasirenkama didžiausia išmatuota V_{RMS} reikšmė.

Table 7.1 Rotating machinery assessment

Overall vibration velocity, mm/sec r.m.s.	Small machines <15 kW Class I	Medium machines 15-75 kW Class II	Large machines Class III	Class IV
50.0				Excessive
20.0		Excessive	Excessive	18.0
10.0			11.2	Unsatisfactory
	Excessive	7.1	Unsatisfactory	7.1
	4.5	Unsatisfactory	4.5	Satisfactory
	Unsatisfactory	2.8	Satisfactory	2.8
	1.8	Satisfactory	1.8	Good
	Satisfactory	1.12	Good	
1.0	0.71	Good	Rigid foundations	Flexible foundations
0.2	Good			
	Small machines <15 kW Class I	Medium machines 15-75 kW Class II	Large machines Class III	Class IV

2.2.4 pav. Lloyd's registro virpesių vertinimo kriterijai [7]

Čia, Good- gera mašina

Satisfactory- tinkama ilgalaikiam veikimui

Unsatisfactory- veikimo laikas ribotas, turi būti planuojamas įrenginio remontas

Excessive- įrenginys netinkamas naudoti, sugedęs.

Iš 2.2.4 paveikslo matome, kad mūsų tiriamo siurblio leistina virpesių V_{RMS} reikšmė- 2,8 mm/s, o ribotas siurblio eksploatavimas leistinas kai virpesių V_{RMS} reikšmė neviršija 7,1 mm/s.

2.2.5. Virpesių šaltinių identifikavimo metodika

Tyrimo objektų elementų padidinto intensyvumo virpesių šaltinių identifikavimo metodika pagrįsta greitos Furje transformacijos FFT (GFT liet.) spektrų analizės principais.

Tiriamo siurblio absoliučiuųjų virpesių šaltinių identifikavimas atliktas šia tvarka:

1. Atliktas siurblio "bump" testas ir išmatuoti savieji siurblio virpesiai
2. Siurblio virpesiai išmatuoti jūroje plaukiant įvairiais režimais (neveikiant siurbliui)
3. Siurblio atramų virpesiai matuoti vadovaujantis tarptautinio ISO 10816 standarto rekomendacijomis ir 2.2.3 skyriuje pateikta jutiklių tvirtinimo metodika

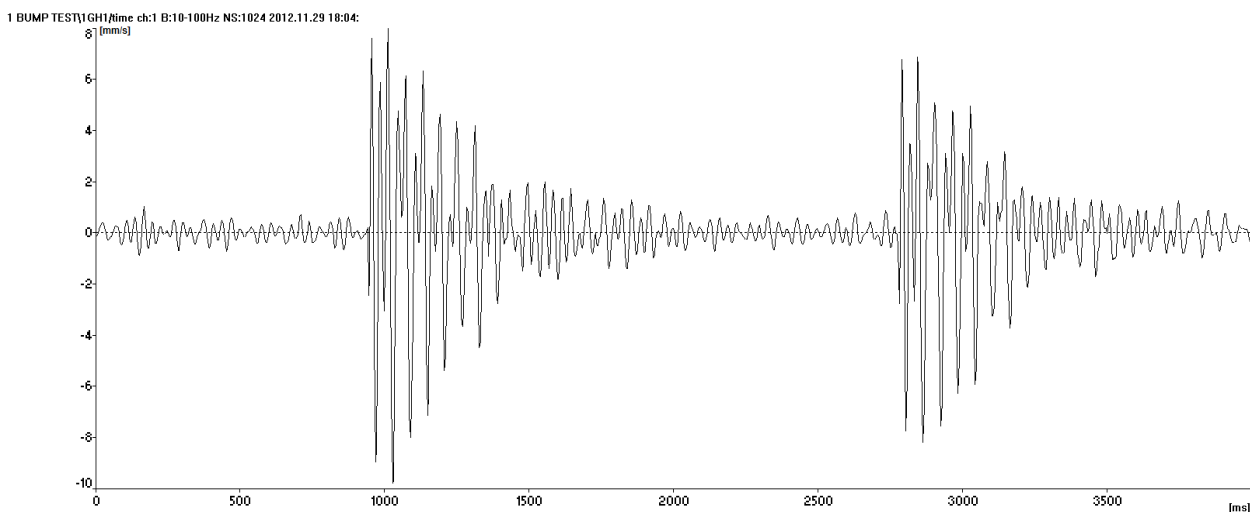
4. Atlikus tirtų rotorinių mašinų virpesių energijos matavimus, visi virpesių signalų analizatoriuje A4400 išsaugoti virpesių duomenų formatai perkelti į personaliniame kompiuteryje esančią programinę įrangą DDS 2011

5. Išnagrinėti virpesių spektrai.

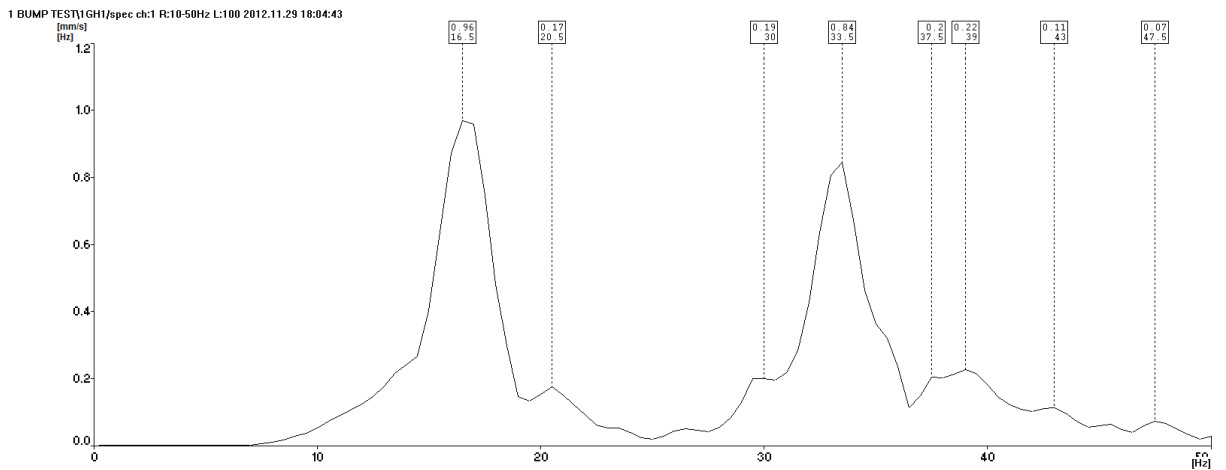
Norint identifikuoti padidinto intensyvumo virpesių priežastys, būtina žinoti virpesių šaltinių charakteristikas ir išnagrinėti eksperimento metu gautus virpesių spektrus. Pvz. žinant variklio sūkius, galima apskaičiuoti velenų ir, žinant sraigto menčių skaičių, sraigto žadinamų virpesių dažnius ir t.t.

2.2.6. Eksperimento rezultatai ir analizė

Kadangi aušinimo siurblio padidintas virpesių lygis pasireiškia jo net neeksploatuojant, tai padaryta išvada, kad jo virpesius žadina išorinis šaltinis taip sukeldamas virpesių rezonansą. Norint nustatyti savuosius siurblio virpesių dažnius atliekamas „bump“ testas, kai siurblys iš pusiausvyros padėties išvedas priverstine jėga (smūgiu). „Bump“ testo virpesių laiko grafikas atvaizduotas 2.2.5 pav. Po smūgio siurblys suvibruoja savaisiais dažniais. Iš siurblio savaiminių virpesių greičių spektro nustatomi siurblio savieji dažniai.



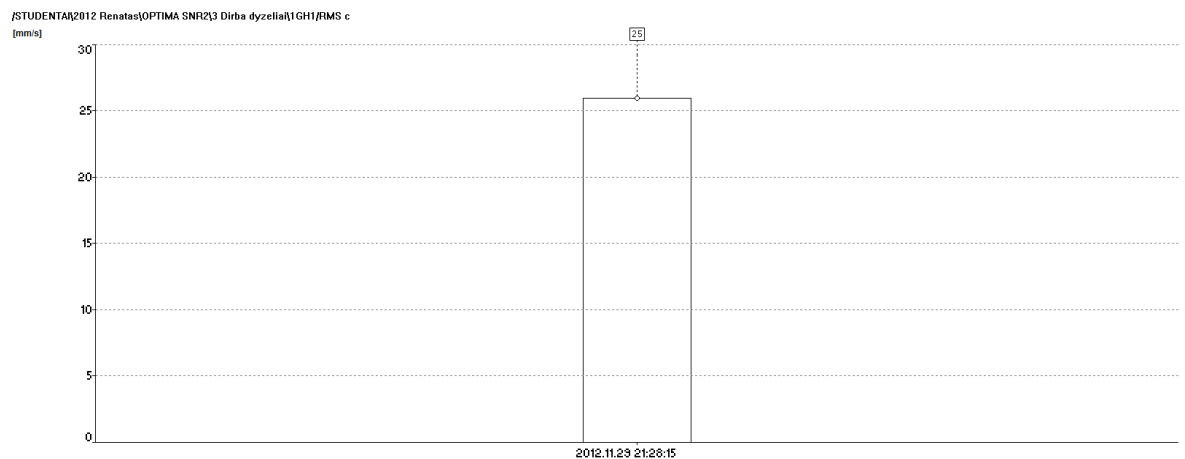
2.2.5 pav. Siurblio Nr.2 1GH1 virpesių matavimo taške gautas virpesių greičių grafikas atlikus „Bump“ testą



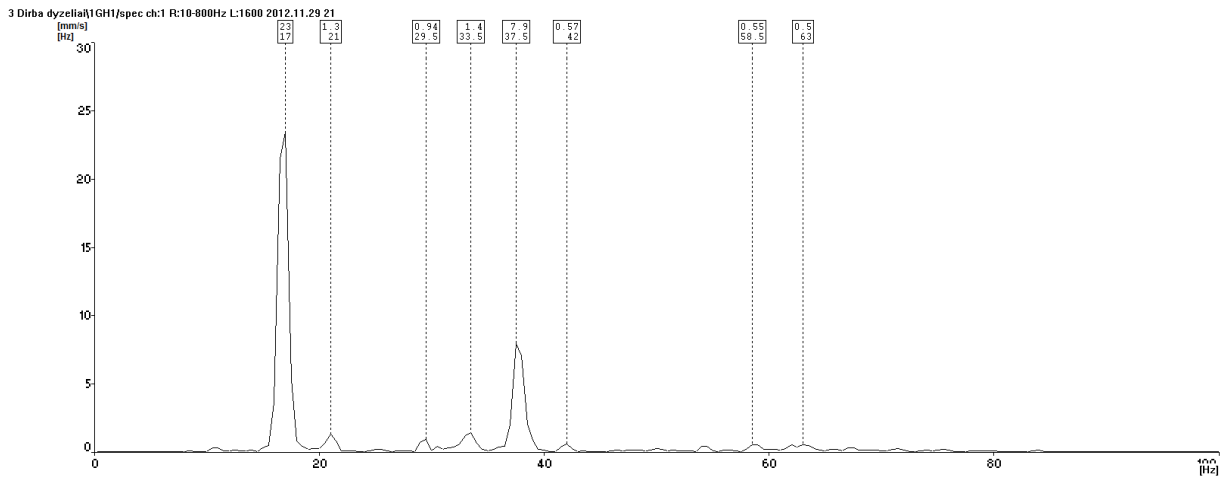
2.2.6 pav. Siurblio Nr.2 1GH1 virpesių matavimo taško virpesių greičių FFT spektras gautas „Bump“ testo metu

Iš 2.2.6 paveiksle pateikto 1GH1 taško virpesių spektro akivaizdžiai išsiskiria vienas „pikas“, ties 16,5 Hz dažniu. Analogiška situacija ir kituose matavimo taškuose, kurie aprašyti 2.2.3 skyriuje. Taigi išmatuota vertė ir bus siurblio savaiminių virpesių dažnis.

Kiti matavimai atlikti jūroje, veikiant įvairiems mechanizmams.



2.2.7 pav. Virpesių lygis V_{rms} 1GH1 taške (keltui plaukiant)



2.2.8 pav. Virpesių spektras 1GH1 taške (keltui plaukiant)

Išmatavus absoliučią virpesių V_{RMS} greičių kvadratinį vidurkį (2.2.7 pav.) matome, kad reikšmė siekia 25 mm/s. Ribinė vertė, aprašyta 2.2.4 skyriuje, gali būti tik 7,1 mm/s.

Iš virpesių spektro pavaizduoto 2.2.8 paveiksle matome, kad didžiausias virpesių greitis yra 17-os Hz (23 mm/s). Tai yra siurblio 1-asis savasis dažnis.

Apskaičiuojame virpesių šaltinių dažnius.

Kadangi variklių alkūninių velenų apsisukimai yra pastovūs (500 aps./min), tai skaičiuojame alkūninio veleno žadinamų virpesių dažnius:

$$f_{alk} = \frac{n_{alk}}{60} = \frac{500}{60} = 8,3 Hz, \quad (2.1)$$

čia: f_{alk} - virpesių dažnis, Hz

n_{alk} - variklio alkūninio veleno apsisukimai, aps/min.

Sraigto žadinamų virpesių dažnis (menčių skaičius- 4):

$$f_{sr.} = f_{alk} * 4 = 8,3 * 4 = 33,3 Hz \quad (2.2)$$

Dujų užsidegimo cilindre metu žadinamų virpesių dažnis:

$$f_{deg} = \frac{n_{alk} * n_{cil}}{120} = \frac{500 * 9}{120} = 37,5 Hz, \quad (2.3)$$

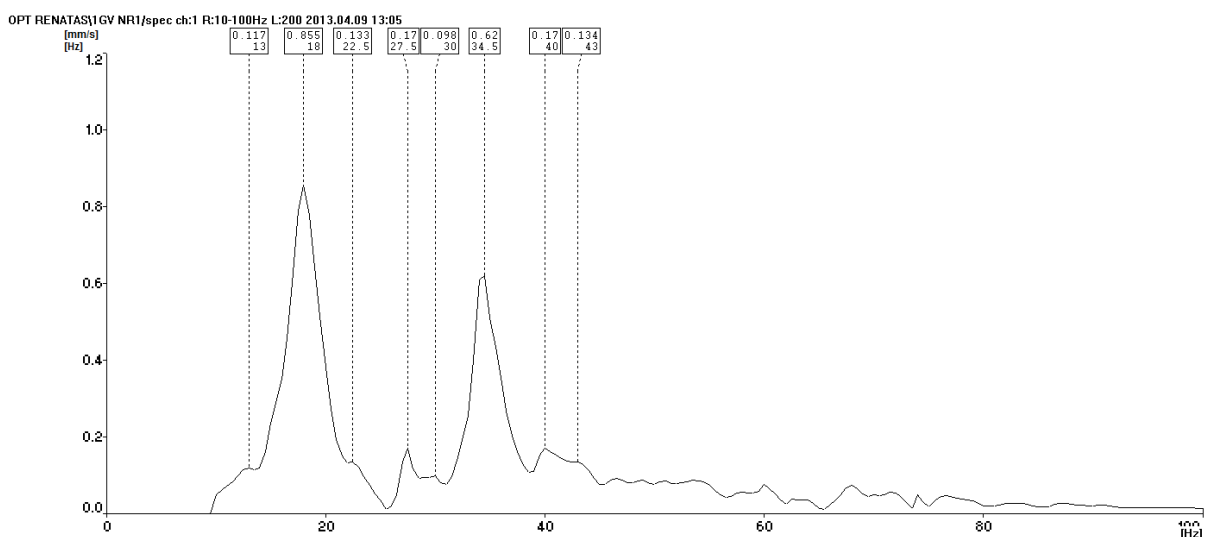
čia: n_{cil} - pagrindinių variklių cilindrų skaičius

Apskaičiuotas degimo procesų žadinamų virpesių dažnis puikiai identifikuojamas ir 2.2.8 pav., tai antras didžiausias „pikas“.

Tačiau, kaip matome, pagrindinių virpesių žadintojų dažniai nesutampa su tiriamo siurblio savaisiais dažniais, tačiau pirmajame skyriuje aprašyti vidaus degimo variklių žadinamų virpesių ypatumai rodo, kad variklis skleidžia dar daug kitokių dažnių virpesius, vadinamais kartotiniais (žr. 1.1.2 pav.).

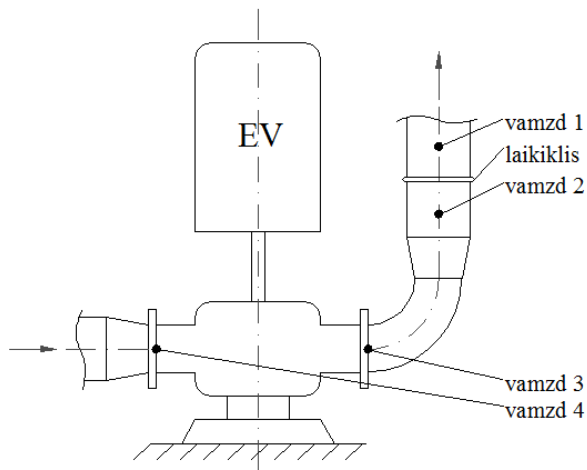
Vadovaudamiesi 1.1.2 pav. galima identifikuoti, kad tiriamo siurblio pirmasis savųjų virpesių dažnis sutampa su variklio žadinamu antros eilės harmonikos dažniu, o tai sukelia siurblio rezonansą ir siurblio atramų virpesių lygis viršija didžiausią leistiną reikšmę (pagal ISO 10816).

2013 m. balandžio 9-10 dienomis, antro reiso metu, buvo siekiama išsiaiškinti, kodėl padidintas virpesių lygis pasireiškia tik vienam siurbliui. Atlikus antrojo aušinimo siurblio „Bump“ testą nustatyta, kad jo laisvųjų virpesių dažnis 1GH1 taške nežymiai skiriasi nuo tiriamojo siurblio. Išmatuota reikšmė siekė 18 Hz (žr. 2.2.9 pav.).



2.2.9 pav. Reguliariai veikiančio siurblio Nr.1 1GH1 virpesių matavimo taško virpesių greičių FFT spektras gautas „Bump“ testo metu

Kiti virpesių matavimai atlikti siurblių vamzdinams (žr. 2.2.10 pav.).



2.2.10 pav. Siurblių vamzdynų virpesių matavimo taškų schema

čia: EV- siurblio elektros variklis

vamzd 1- jutiklis ant slėgimo pusės vamzdžio virš vamzdžio laikiklio

vamzd 2- jutiklis ant slėgimo pusės vamzdžio žemiau vamzdžio laikiklio

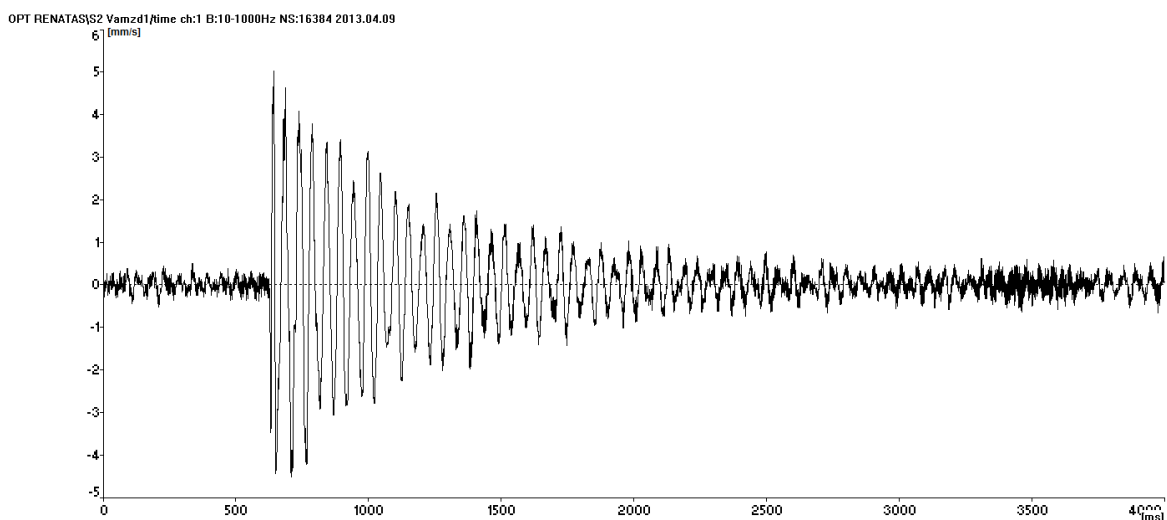
vamzd 3- jutiklis ant slėgimo pusės siurblio flanšo

vamzd 4- jutiklis ant siurbimo pusės siurblio flanšo

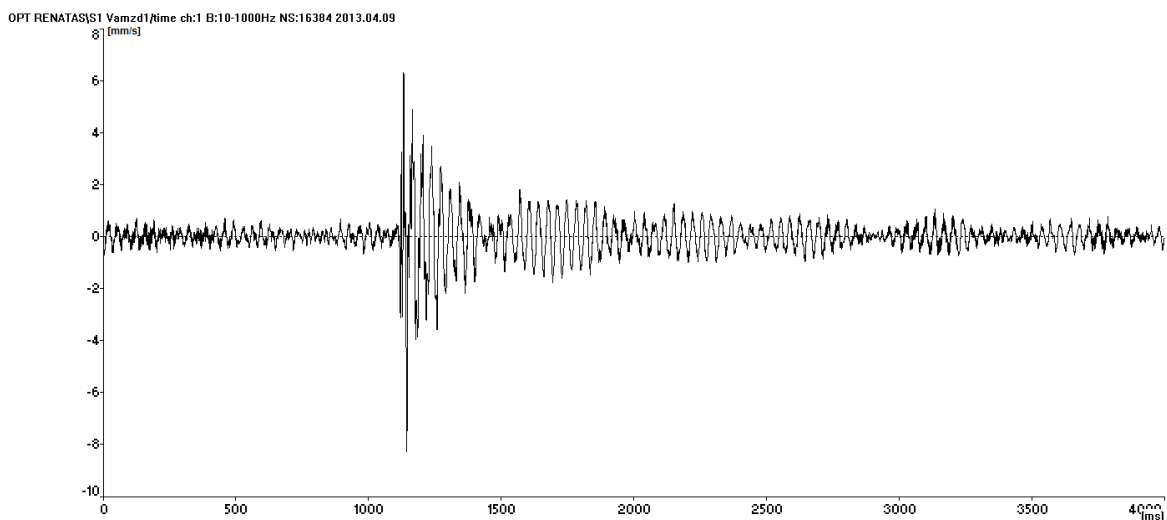
Atlikus „Bump“ testą abiejų sistemų „vamzd 1“ taške (žr. 2.2.11 pav.) ir išnagrinėjus virpesių laiko grafikus nustatyta, kad tiriamojo siurblio slėgimo pusės vamzdyno virpesiai mažiau slopsta nei reguliariai eksploatuojamo siurblio (žr. 2.2.12 ir 2.2.13 pav.). Tiriamo siurblio virpesiai „Bump“ testo metu nuslopo apytiksliai per 1500 ms, kai reguliariai eksploatuojamo- apytiksliai per 500 ms.



2.2.11 pav. Virpesių matavimo jutiklio padėtis „vamzd 1“ „Bump“ testo metu

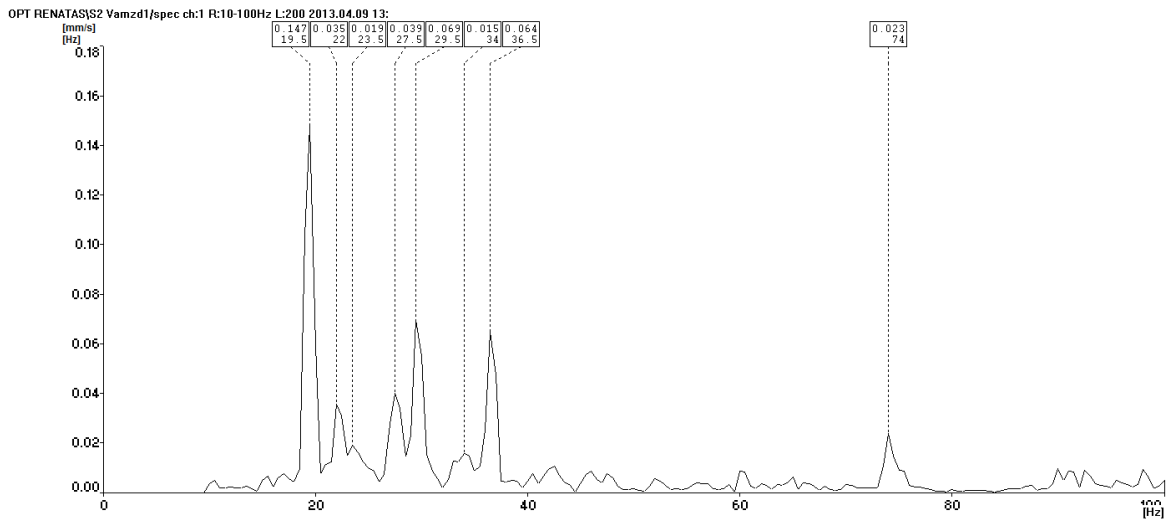


2.2.12 pav. Tiriamo siurblio Nr.2 slėgimo vamzdžio virpesių laiko grafikas

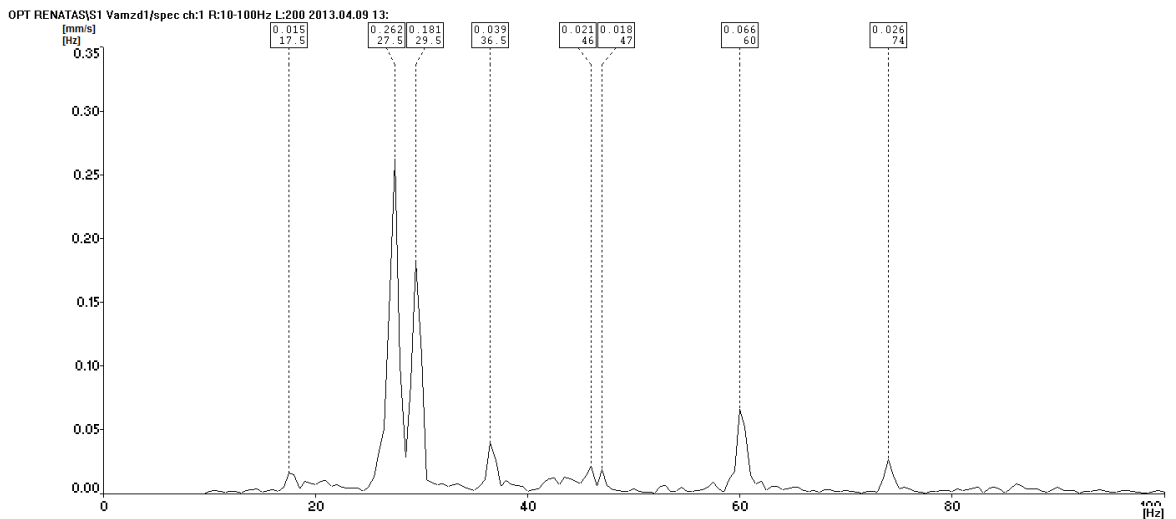


2.2.13 pav. Reguliariai eksploatuojamo siurblio Nr.1 slėgimo vamzdžio virpesių laiko grafikas

Analizuojant gautus vamzdinių virpesių spektrus buvo identifikuoti dar didesni dažnių skirtumai. Tiriamo siurblio didžiausia virpesių greičių reikšmė identifikuojama ties 19,5 Hz (žr. 2.2.14 pav.), kai reguliariai eksploatuojamo siurblio- ties 27,5 Hz (žr. 2.2.15 pav.). Taigi akivaizdu, kad reguliariai naudojamo siurblio sistema yra standesnė.

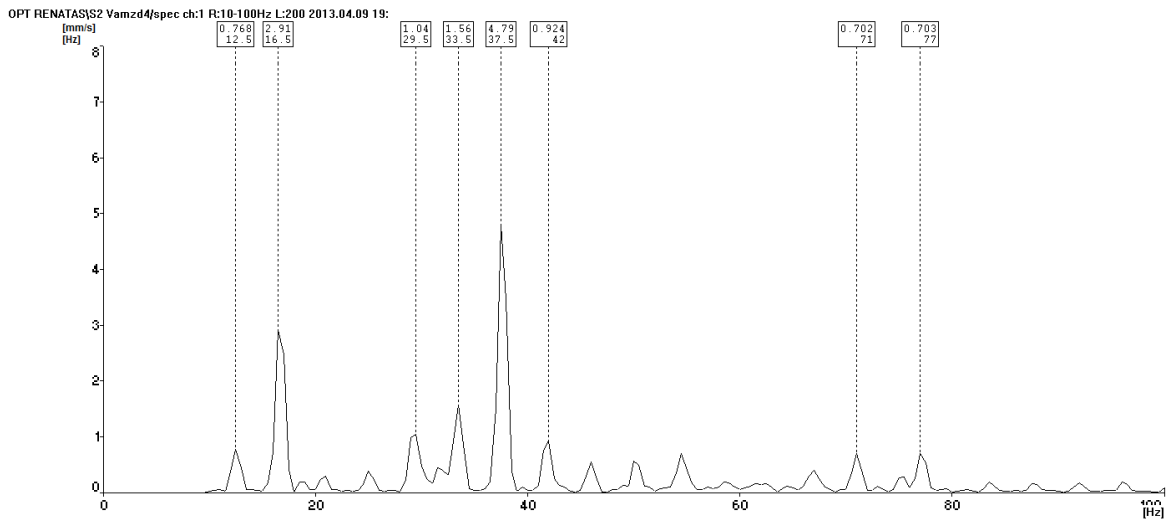


2.2.14 pav. Tiriama siurblio Nr.2 vamzdyno „vamzd 1“ taške „Bump“ testo virpesių spektras



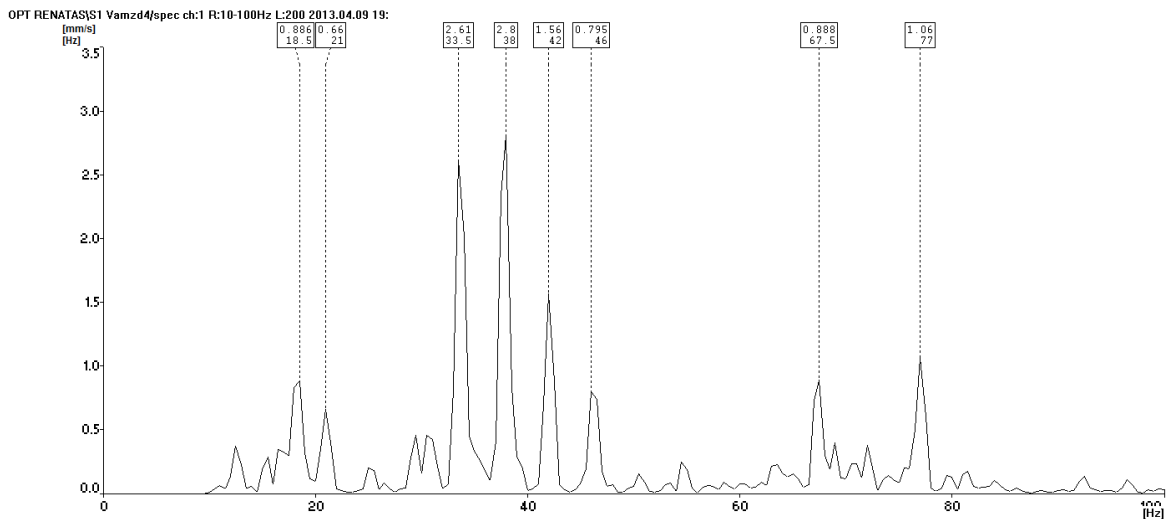
2.2.15 pav. Reguliariai eksploatuojamo siurblio Nr.1 vamzdyno taške „vamzd 1“ „Bump“ testo virpesių spektras

Paleidus pagrindinius variklius buvo atlikti palyginamieji matavimai visuose keturiuose abiejų siurblių vamzdynų taškuose pagal 2.2.10 pav. Išanalizavus gautus virpesių spektrus pastebėta, kad visuose tiriamo siurblio spektruose 2-as didžiausias virpesių greičių „pikas“ atitinka 16,5-17 Hz dažnį (žr. 2.2.16 pav.), tokiu dažniu vibruoja ir pats siurblys. Taigi visa sistema nėra pakankamai standi, virpesiai siurbliui perduodami ne tik per laivo pertvaras, bet ir per vamzdynus.



2.2.16 pav. Tiriama siurblio Nr.2 vamzdynų virpesių spektras taške „vamzd 1“

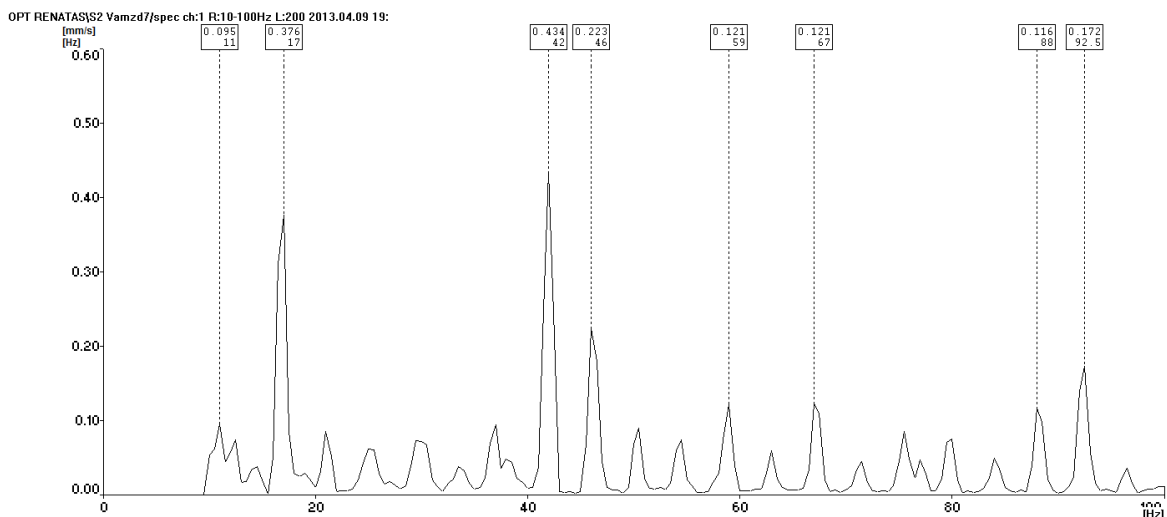
O reguliariai eksploatuojamo siurblio vamzdynų dažniai pakankamai atitolę nuo tiriamos sistemos dažnių, t.y. didžiausios virpesių greičių reikšmės atitinka 33,5 Hz ir 38 Hz dažnius (žr. 2.2.17 pav.). Be to virpesių greičių reikšmės perpus mažesnės nei tiriamos sistemos.



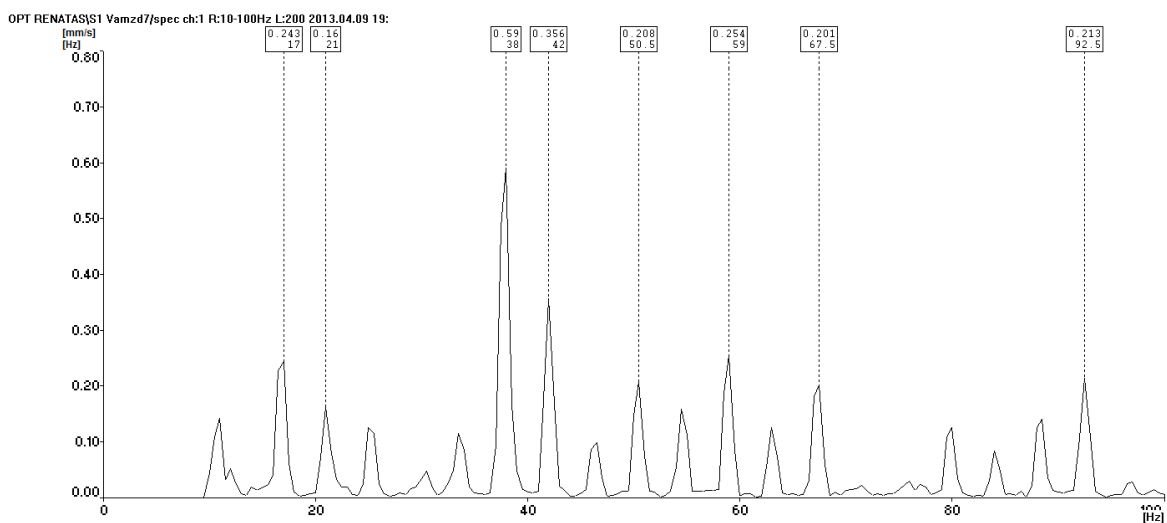
2.2.17 pav. Reguliariai eksploatuojamo siurblio Nr.1 vamzdynų virpesių spektras taške „vamzd 1“

Taško „vamzd 1“ tiriamos sistemos virpesių spektre lengvai identifikuojami dviejų dažnių virpesiai- 37,5 Hz, kuriuos žadina kuro degimo variklyje procesai ir 16,5 Hz, kuriuos žadina pagrindinių variklių kartotinių dažnių virpesiai. Virpesių greičiai atitinkamai- 4,79 mm/s ir 2,91 mm/s. Reguliariai eksploatuojamos sistemos identifikuojami virpesių dažniai- 38 Hz (kuro degimo variklyje procesai) ir 33,5 Hz (sraigto keliami virpesiai). Virpesių greičiai atitinkamai- 2,80 mm/s ir

2,61 mm/s. Taškuose „vamzd 2“ ir „vamzd 3“ rezultatai analogiški, todėl virpesių spektrai pateikti tik prieduose (žr. 1-as priedas). Taške „vamzd 4“ nustatyti virpesių greičiai nors ir žymiai mažesni nei kituose taškuose, tačiau dominuojantys virpesių dažniai išlieka artimi kitų išmatuotų taškų dažniams (žr. 2.2.18 ir 2.2.19 pav.).



2.2.18 pav. Tiriamo siurblio Nr.2 vamzdynų virpesių spektras taške „vamzd 4“



2.2.19 pav. Reguliariai eksploatuojamo siurblio Nr.1 vamzdynų virpesių spektras taške „vamzd 4“

Ieškant didesnių skirtumų buvo aptikta, kad siurblių slėgimo pusės vamzdžių tvirtinimai yra skirtingi. Patikrinus klasifikacinės bendrovės GL (Germanisher Lloyd) vamzdžių tvirtinimo rekomendacijas, nustatyta, kad tiriamojo siurblio vamzdžio tvirtinimo būdas (žr. 2.2.20 pav.) yra neleistinas. Beto, kad vamzdžio laikiklio konstrukcija neturėjo jokių ryšių su laivo korpuso

sutvirtinimais, konstrukcijai panaudoti 60x60x5 mm kampuočiai buvo žymiai mažesni nei rekomenduojama. Pagal GL rekomendacijas vamzdžių, kurių nominalus diametras N.D. 400, tvirtinimui turėtų būti naudojami 100x100x10 mm plieniniai kampuočiai (žr. 2.2.22 pav.). Reguliariai eksploatuojamo siurblio vamzdžio laikikliai, nors ir netinkamų matmenų, bet privirinti prie laivo korpuso sutvirtinimo sijų. Dėl šių priežasčių tiriamojo siurblio sistemos virpesių slopinimas ir konstrukcijos standumas yra mažesnis.



2.2.20 pav. Tiriamo siurblio Nr.2 slėgimo vamzdžio tvirtinimas



2.2.21 pav. Reguliariai eksploatuojamo siurblio Nr.1 slėgimo vamzdžio tvirtinimas

Pipe N.D.	Pipe Out Dia.	Nut of U-bolt	Support Angle	Support Pipe
15	21.7	M10	50X50X6	34.0 X 3.4T
20	27.2	M10	50X50X6	"
25	34	M10	50X50X6	"
32	42.7	M10	50X50X6	"
40	48.6	M10	50X50X6	"
50	60.5	M10	50X50X6	48.6 X4.05T(40A)
65	76.3	M12	50X50X6	"
80	89.1	M12	65X65X6	"
100	114.3	M16	65X65X6	60.5 X5.2T(65A)
125	139.8	M16	65X65X6	"
150	165.2	M16	75X75X6	"
200	216.3	M20	75X75X6	76.3 X5.2T(65A)
250	267.4	M20	75X75X6	"
300	318.5	M24	100X100X10	114.3 X6.0T(100A)
350	355.6	M24	100X100X10	"
400	406.4	M24	100X100X10	"
450	457.2	M30	100X100X13	"
500	508	M30	100X100X13	"
550	558.8	M30	100X100X13	"
600	609.6	M30	130X130X12	139.8 X6.6T(125A)
650	660.4	M36	130X130X12	"
700	711.2	M36	130X130X12	"
750	762	M36	130X130X15	165.2 X7.1T(150A)

2.2.22 pav. GL rekomendacijos vamzdžių tvirtinimui (pilna rekomendacija žr. 4-as priedas)

2.3. Siurblio savųjų dažnių modeliavimas BEM metodu

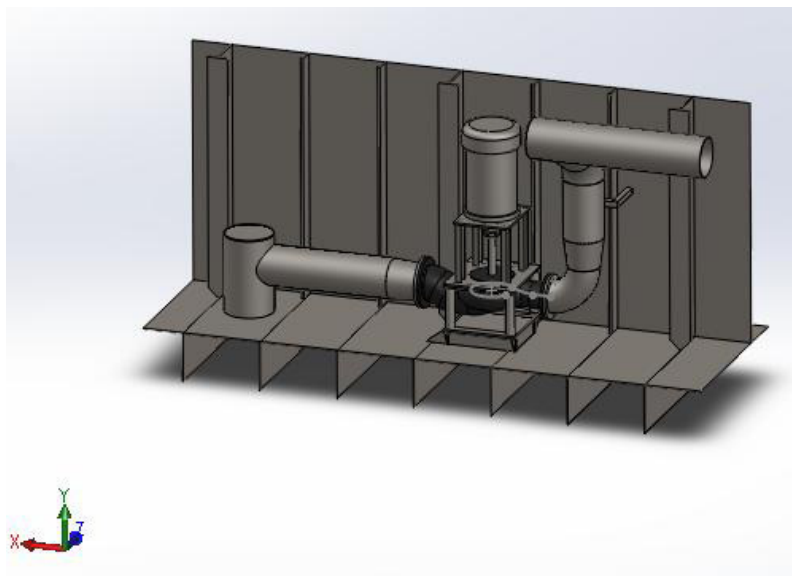
Siurblio savųjų dažnių modeliavimo BEM metodu etapai:

1. Sukuriamas siurblio su vamzdynu geometrinis modelis
2. Parenkamos medžiagų charakteristikos
3. Trimatis modelio skaidomas į tūrinius baigtinius elementus
4. Nurodomos kraštinės sąlygos
5. Atliekami skaičiavimai
6. Analizuojami rezultatai

2.3.1. Geometrinio modelio sukūrimas

Išmatavus visus siurblio ir aplinkinių konstrukcijų geometrinius parametrus, sukurtas sistemos trimatis modelis SolidWorks programa. Modelis pradėtas kurti nuo atskirų siurblio dalių (angl. *Part mode*), po to pereita prie surinkimo vienetų ir galiausiai baigta pilnu siurblio sistemos modeliu 2.3.4 pav. (angl. *Assembly mode*). Programos part modulis veikia paprastų eskizų principu, kurie paverčiami trimačiais objektais ir assembly modulyje yra sujungiami tarpusavyje į surinkimo mazgus.

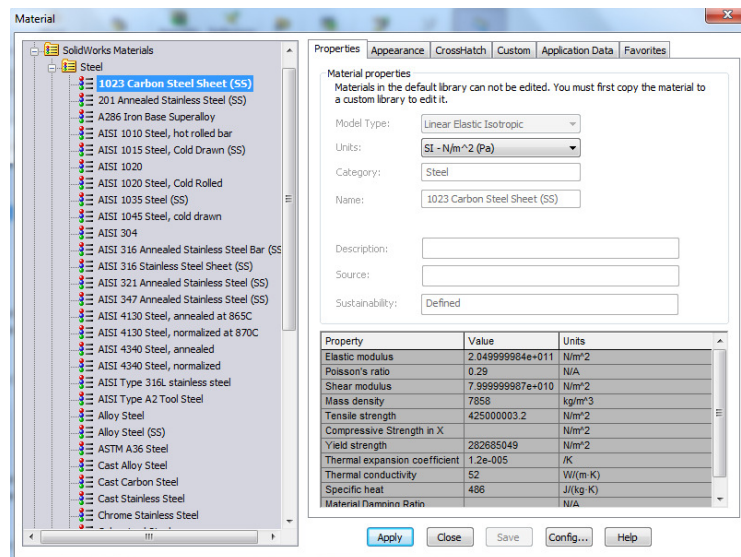
Kaip žinoma, bet kokio elemento virpesių dažnis priklauso nuo jo masės ir standumo. Taigi modeliuojant būtina išlaikyti ne tik tinkamą siurblio geometriją, bet ir mases. Nepadarius to virpesių analizės rezultatai bus klaidingi. Masės bei standumas geometriniams elementams užduodamos pasirenkant atitinkamas medžiagas ir jų tankius. Gauti rezultatai tikrinami su siurblio gamintojo pateikta informacija.



2.3.4 pav. Tiriamo siurblio Nr.2 ir artimų laivo konstrukcijų trimatis modelis (assembly mode)

2.3.2. Medžiagų charakteristikų parinkimas

Medžiagos parinktos pagrindiniams siurblio geometriniams elementams, kurie daugiausia turėjo įtakos skaičiavimų rezultatams, t.y. elektros variklio korpuso, fundamentų medžiaga- anglinis plienas (tamprumo modulis- $2,1 \cdot 10^{11}$ N/m², tankis- 7858 kg/m³, Puasono koeficientas- 0,29), siurblio kriauklės- ketus (tamprumo modulis- $6,6 \cdot 10^{10}$ N/m², tankis- 7200 kg/m³, Puasono koeficientas- 0,27). Elementų medžiagos pasirenkamos iš programos duomenų bazės. Nustačius elemento medžiagą automatiškai jam priskiriamos ir visos medžiagos charakteristikos 2.3.5 pav.

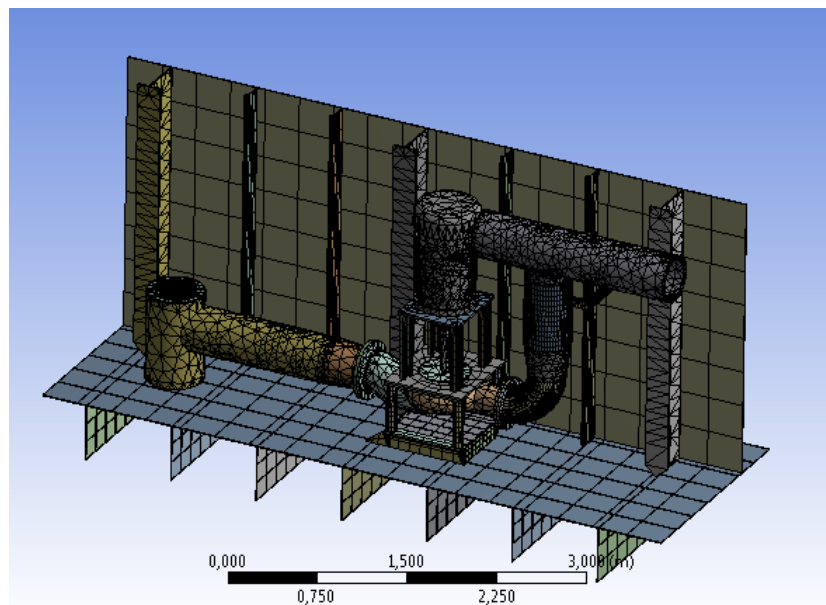


2.3.5 pav. Medžiagų charakteristikų lentelė SolidWorks programoje

2.3.3. Siurblio skaidymas baigtiniais elementais

Prieš atliekant skaičiavimus visą suskurtą modelį, būtina suskaidyti į tūrinius baigtinius elementus. Tai atliekama Workbench programoje. Kaip minėta anksčiau, SolidWorks programa turi gerą suderinamumą su Ansys Workbench. SolidWorks savo darbalaukyje turi papildomą mygtuką, kuris automatiškai sumodeliuotą objektą perkelia į Workbench sistemą.

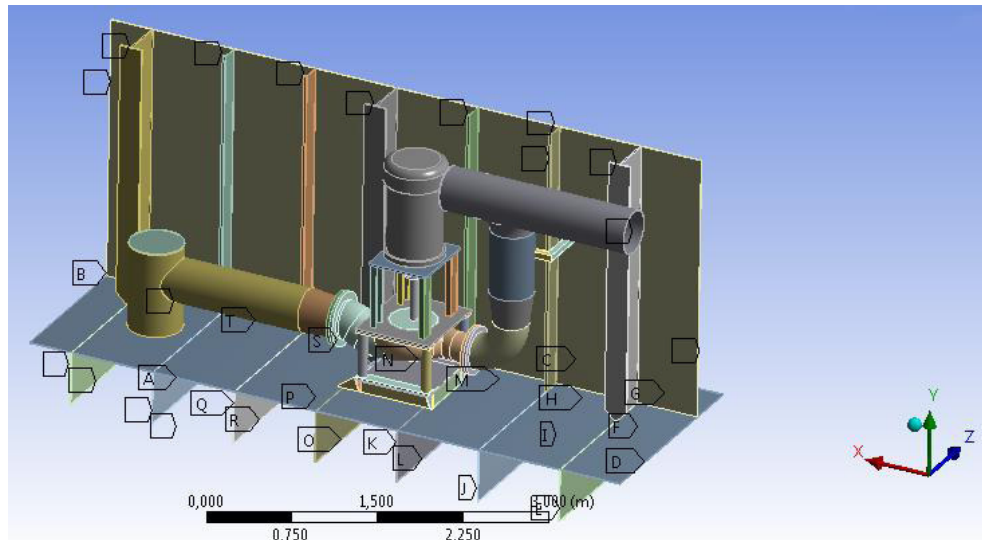
Skaidymui į elementus programa generuoja tinklą (mesh) 2.3.6 pav.



2.3.6 pav. Siurblio su vamzdyno ir laivo dalimi baigtinių elementų modelis

2.3.4. Kraštinių sąlygų parinkimas

Norint gauti teisingus analizės rezultatus, laisvi modelio kraštai turi būti įtvirtinami. Modelis ties „nupjautomis“ korpuso dalimis tvirtinamas standžiai, o vamzdžiui paliekamas laisvumas poslinkiui išilgai X ašies ir sukimui apie Y ašį. Taip sukurtas realistiškas apkrovimas vamzdžio laikikliui.



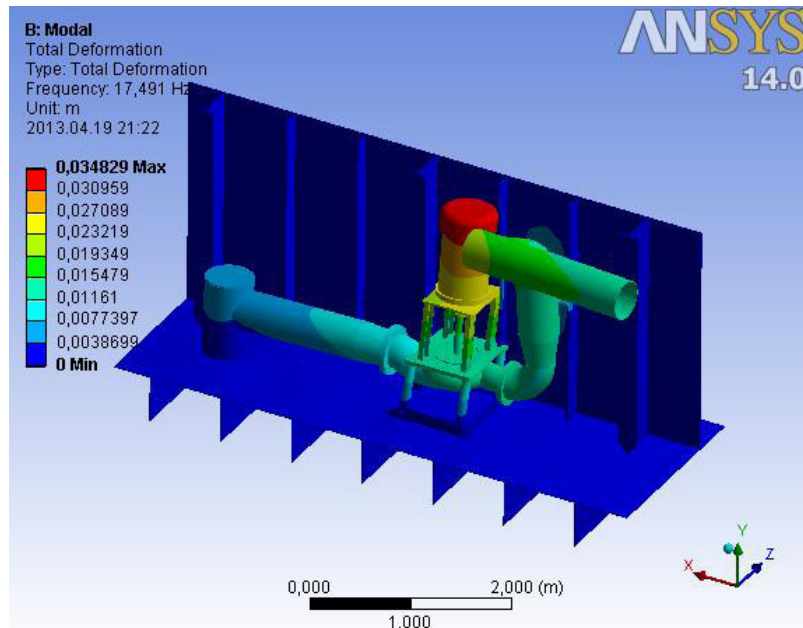
2.3.7 pav. „Nupjautų“ modelio dalių fiksavimas

Čia: A, B, C...- įtvirtinti trimačio modelio taškai

2.3.5. Rezultatų peržiūra ir analizė

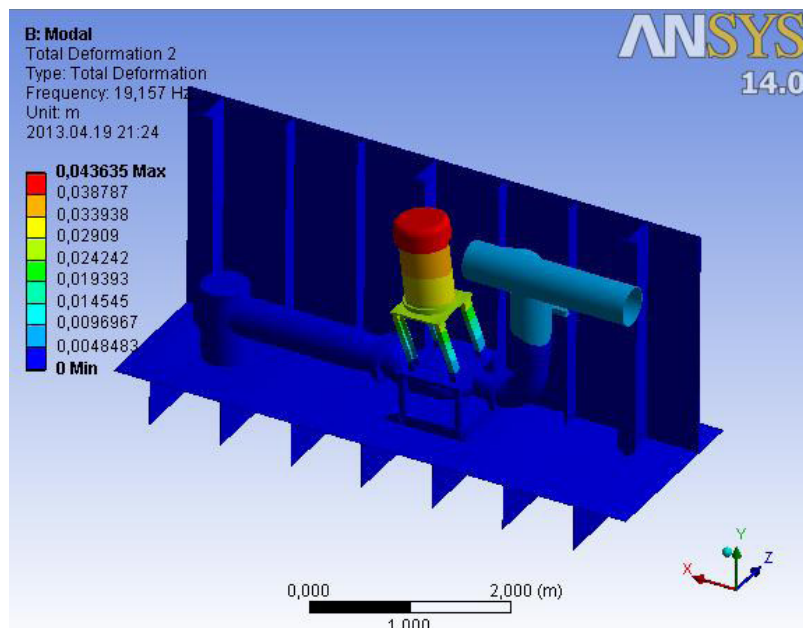
Atlikus skaičiavimus, rezultatai pateikiami grafiškai (pilna rezultatų ataskaitą žr. priedai). Sumodeliuotos 5-ios siurblio savųjų virpesių formos:

1. Pirmoji savųjų virpesių forma (17,5 Hz). Dominuoja virpesių poslinkiai- statmeni laivo centrinei linijai. Didžiausi yra siurblio elektros variklio virpesių poslinkiai. Elektros variklio ir vamzdžio virpesių fazės sutampa.



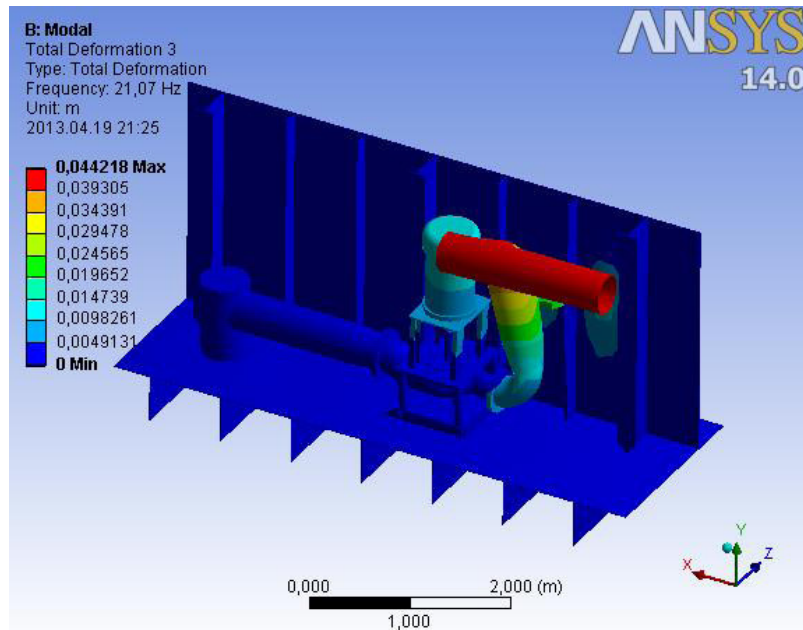
2.3.8 pav. Siurblio Nr.2 ir vamzdyno pirmoji savųjų virpesių forma (17,5 Hz)

2. Antroji laisvųjų virpesių forma (19,2 Hz). Dominuojantys virpesių poslinkiai- išilgai laivo centrinės ašies. Didžiausi yra siurblio elektros variklio virpesių poslinkiai. Elektros variklio ir vamzdžio virpesių fazės sutampa.



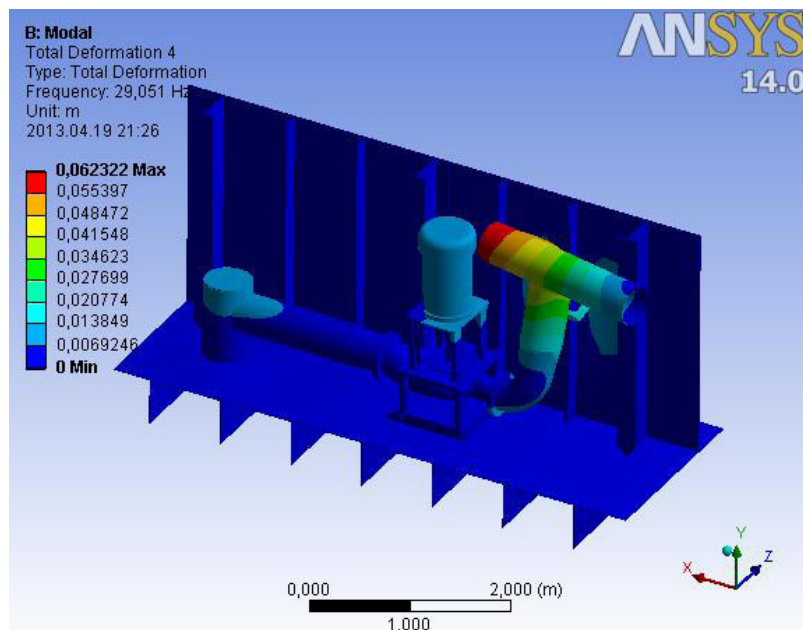
2.3.9 pav. Siurblio Nr.2 ir vamzdyno antroji laisvųjų virpesių forma (19,2 Hz)

3. Trečioji laisvųjų virpesių forma (21,0 Hz). Dominuojantys virpesių poslinkiai- išilgai laivo centrinės ašies. Daugiausia vibruoja slėgimo pusės vamzdis. Elektros variklio ir vamzdžio virpesių fazės skiriasi 180 laipsnių.



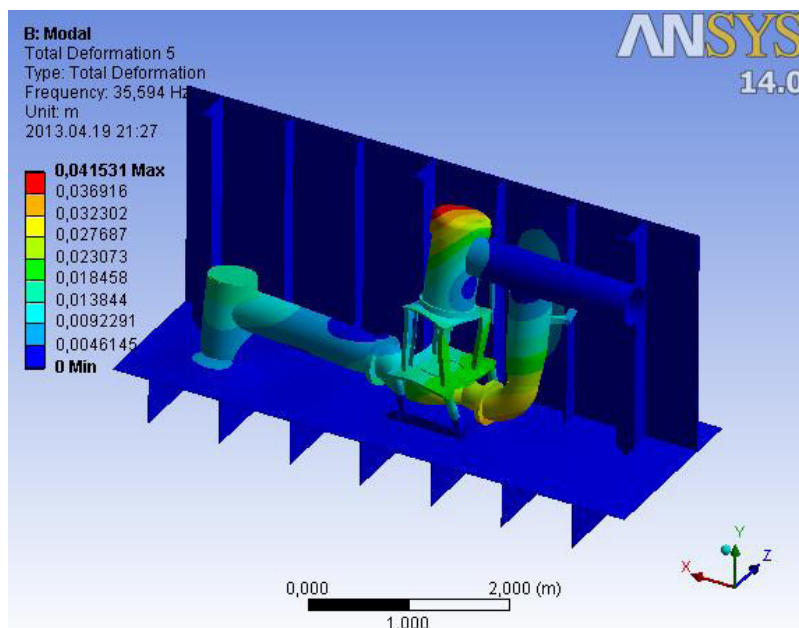
2.3.10 pav. Siurblio Nr.2 ir vamzdyno trečioji laisvųjų virpesių forma (21,0 Hz)

4. Ketvirtoji laisvųjų virpesių forma (29,1 Hz). Dominuojantys virpesių poslinkiai- statmenai laivo centrinei linijai. Daugiausia vibruoja slėgimo pusės vamzdis. Elektros variklio ir vamzdžio virpesių fazės skiriasi 180 laipsnių.



2.3.11 pav. Siurblio Nr.2 ir vamzdyno ketvirtoji laisvųjų virpesių forma (29,1 Hz)

5. Penktoji laisvųjų virpesių forma (35,6 Hz). Dominuoja sukamieji virpesiai. Didžiausios virpesių poslinkių reikšmės tenka siurbliui.



2.3.12 pav. Siurblio Nr.2 ir vamzdyno penktoji laisvųjų virpesių forma (35,6 Hz)

Tolimesnių virpesių formų ir dažnių aptarinėti netikslinga, šie virpesiai yra susiję su korpuso konstrukcija.

2.3.1 lentelė. Siurblio ir vamzdyno laisvųjų virpesių formų dažniai

Virpesių forma	Virpesių dažnis, Hz
1	17,5
2	19,2
3	21,1
4	29,1
5	35,6

Kaip matome iš 2.3.8 pav. apskaičiuotas siurblio laisvųjų virpesių dažnis yra 17,5 Hz, jis apytiksliai lygus realiam išmatuotam dažniui.

III. SIURBLIO PADIDINTO VIRPESIŲ LYGIO SUMAŽINIMAS PAGRĪSTAS TEORINIAIS SKAIČIAVIM AIS

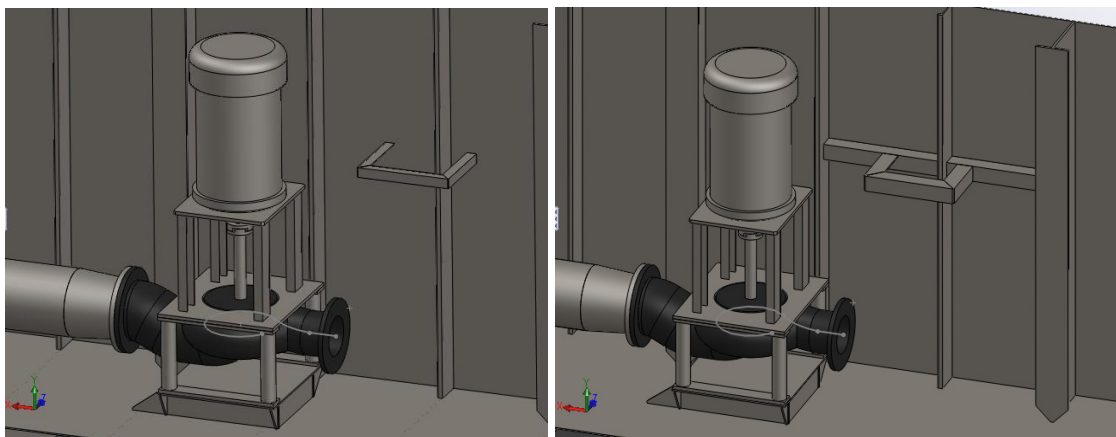
Sistemos modernizavimo tikslas- teoriniais skaičiavimais įrodyti, kad tesingas vamzdžio tvirtinimas pakankamai sustandintų visą sistemą ir pakeistų jos savuosius dažnius (jie nesutaptų su priverstinių virpesių dažniais) ir todėl sumažėtų siurblio virpesių lygis.

Sistemos modernizavimo etapai:

1. Patobulintas esamas trimatis sistemos modelis
2. Atlikta modalinė sistemos analizė
3. Atlikta harmoninė sistemų analizė
4. Rezultatų peržiūra ir palyginimas

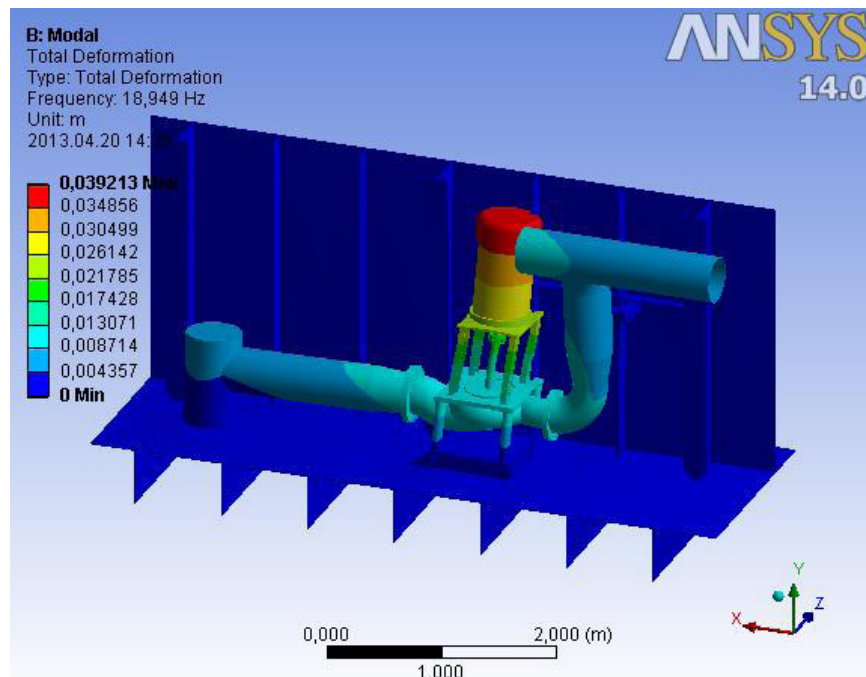
Kadangi antrojo reiso metu buvo nustatyta, kad tiriamo siurblio slėgimo pusės vamzdžio tvirtinimo būdas yra neleistinas, dėl ko sistemos standumas yra nepakankamas, sukurtas trimatis sistemos modelis (vamzdžio laikiklis) buvo patobulintas pagal klasifikacinės bendrovės Germanisher Lloyd rekomendacijas.

Taigi laikiklio modernizacijai panaudotas 100x100x10 matmenų kampuo tis. Beto laikiklio konstrukcija susieta su korpuso špantais dviem išilginiais kampuočiais (žr. 3.1 pav.).



3.1 pav. Slėgimo pusės vamzdžio laikikliai prieš (kairėje) ir po modernizacijos (dešinėje)

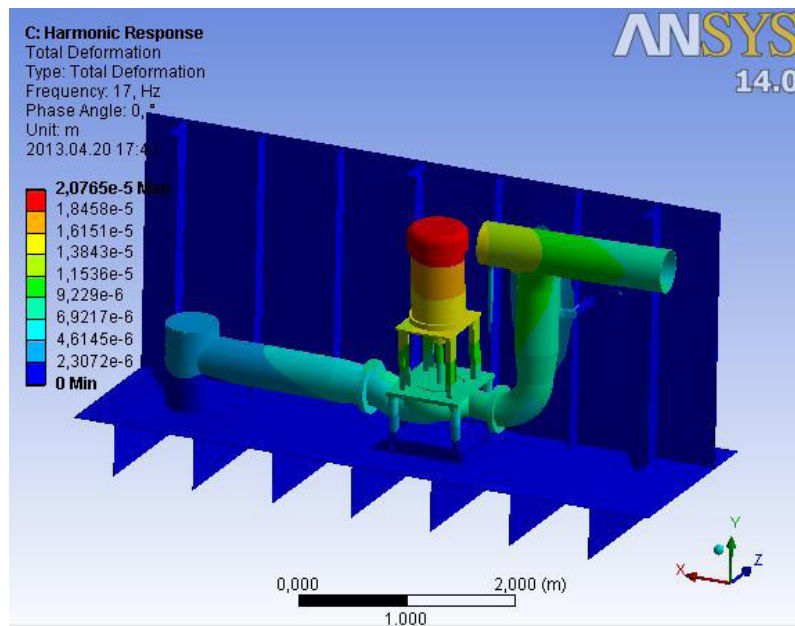
Atlikus sistemos modalinę analizę paaiškėjo, kad jos rezonansinį dažnį pavyko padidinti nuo 17,5 iki 18,9 Hz (žr. 3.2 pav.), nors virpesių forma ir poveikis elektros varikliui išliko nepakitęs. Tačiau apskaičiuotas dažnis yra artimas reguliariai, ir palyginus gerai, veikiančiai siurblio sistemai. Bet norint pilnai įvertinti virpesių poslinkių reikšmes, reikia imituoti variklio žadinamus virpesius, t.y. atlikti harmoninę virpesių analizę.



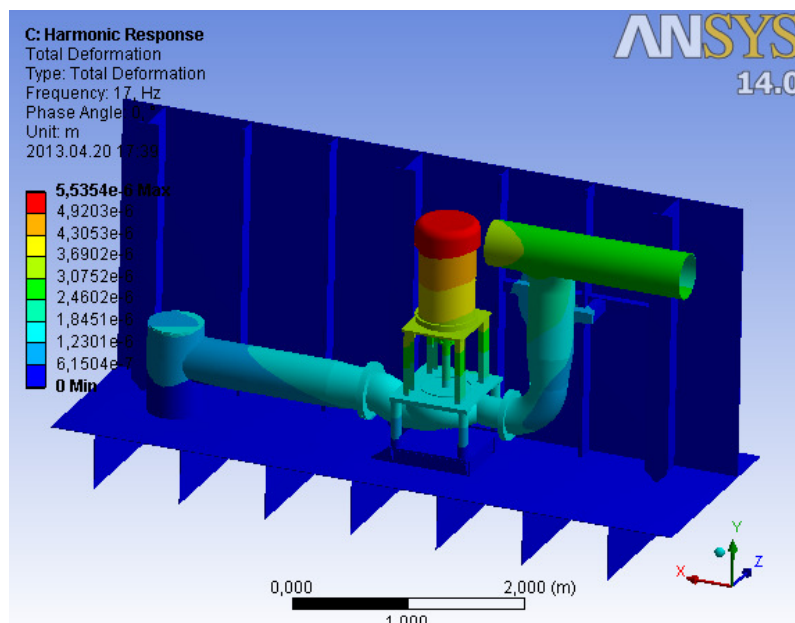
3.2 pav. Pirmoji modernizuotos sistemos laisvųjų virpesių forma (18,9 Hz)

Harmoninės virpesių analizės skirtumas tas, kad skaičiuojami ne laisvieji virpesiai, o priverstinės jėgos keliami virpesiai. Tam papildomai įvedama virpesius žadinanti jėga, šiuo atveju jėga, kuri imituoja variklio žadinamus virpesius. Kaip nustatyta eksperimentinio tyrimo metu, variklis žadina 17 Hz virpesius, kurie anksčiau sutapo su siurblio laisvaisiais virpesiais. Žadinančią variklių jėgą nustatyti yra labai sunku, todėl analizėje užduota sąlyginė jėga į vertikalią ir horizontalią laivo pertvaras. Harmoninė analizė vienodomis sąlygomis atlikta esamai ir modernizuotai sistemoms.

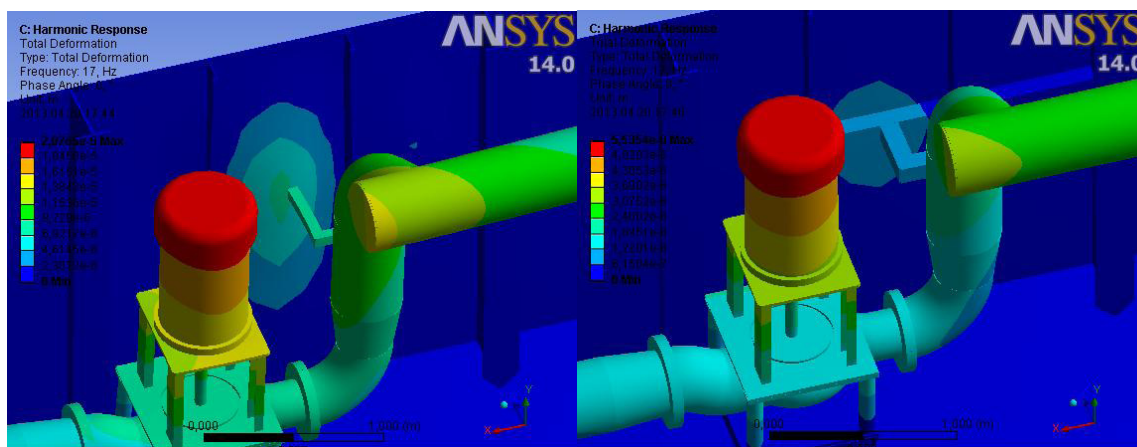
Atlikus skaičiavimus paaiškėjo, kad esamos sistemos poslinkiai prie 1000N žadinančios jėgos yra $2,1 \cdot 10^{-5}$ m (žr. 3.3 pav), o modernizuotos sistemos- $5,5 \cdot 10^{-6}$ m (žr. 3.4 pav). Taigi sistemos virpesių poslinkiai sumažėjo 3,8 karto.



3.3 pav. Harmoninės analizės grafiniai rezultatai esamai situacijai (didžiausia virpesių poslinkio amplitudė, esant 1kN jėgai, žadinančiai 17 Hz dažnio virpesius, siekia 20,1 μm)



3.4 pav. Harmoninės analizės grafiniai rezultatai modernizuotai sistemai (didžiausia virpesių poslinkio amplitudė, esant 1kN jėgai, žadinančiai 17 Hz dažnio virpesius, siekia 5,5 μm)



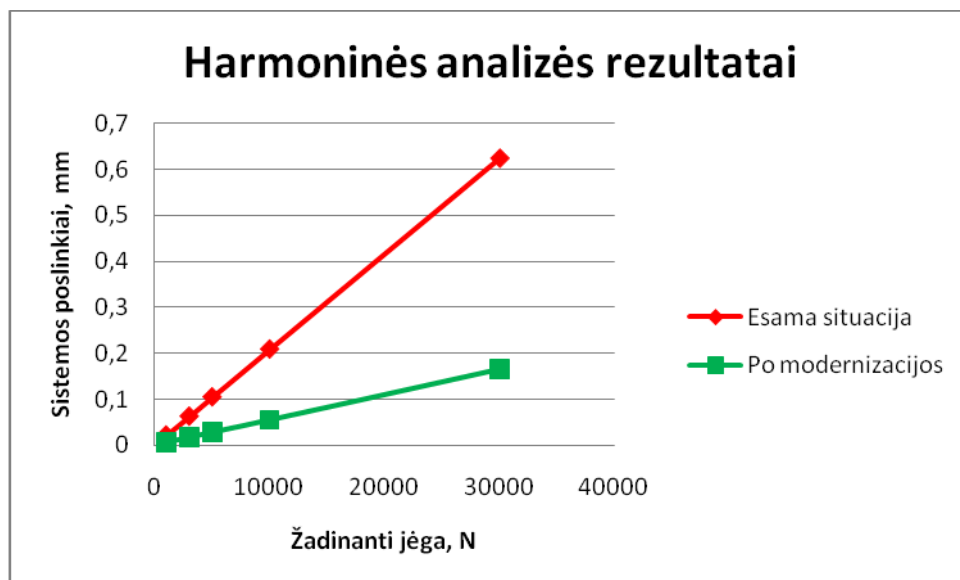
3.5 pav. Pertvaros virpesių poslinkiai vamzdžio laikiklio tvirtinimo vietoje prieš (kairėje) ir po modernizacijos (dešinėje)

3.1 lentelė. Modalinės analizės rezultatų palyginimas

Virpesių forma	Virpesių dažnis, Hz	Virpesių tipas	Virpesių fazės kampas, laipsn.
Esama situacija			
1	17,5	skersiniai	0
2	19,2	išilginiai	0
3	21,1	išilginiai	180
4	29,1	skersiniai	180
5	35,6	sukamieji	0
Po modernizacijos			
1	19,0	skersiniai	0
2	19,2	išilginiai	0
3	26,4	skersiniai	180
4	34,9	sukamieji	0
5	38,1	sukamieji	180

3.2 lentelė. Harmoninės analizės rezultatų palyginimas

Žadinanti jėga, N	1000	3000	5000	10000	30000
Esama situacija. Poslinkiai, mm	0,021	0,062	0,104	0,208	0,623
Po modernizacijos. Poslinkiai, mm	0,0055	0,017	0,028	0,055	0,166
Skirtumas, kartais	3,8	3,7	3,7	3,8	3,8



3.6 pav. Harmoninės analizės rezultatai

3.2 lentelėje ir 3.6 pav. atvaizduota kaip kinta sistemos poslinkiai priklausomai nuo žadinančios jėgos dydžio, tačiau modalinės analizės rezultatai taip pat parodė, kad poslinkių santykiui jėgos dydis įtakos neturi.

IŠVADOS

1. Baigiamajame darbe išnagrinėjus šiuolaikinius virpesių mažinimo būdus laivuose, paaiškėjo, kad pasaulyje intensyviai ieškoma naujų ir tobulinamos senosios technologijos bei jų kombinacijos, atliekami įvairūs eksperimentai. Kadangi žalingų virpesių poveikis žmogaus ir įrangos saugumui yra pakankamai didelis, šių laikų virpesių kontrolei laivuose keliami ypatingi reikalavimai. Didelį dėmesį virpesiams skiria ir klasifikacinės bendrovės.

2. Sukūrus eksperimento metodiką, paaiškėjo siurblio sistemos virpesių matavimo etapų eiliškumas ir jų tikslai. Taip pat parinktas matavimo įrangos tipas ir matavimo taškai sistemoje. Siurblio virpesių lygio identifikavimo metodikoje nustatyta padidintų virpesių lygio riba pagal klasifikacinės bendrovės Lloyd's register (LR) reikalavimus.

3. Atlikus siurblio Nr.2 virpesių matavimus paaiškėjo, kad virpesių lygis yra neleistinai didelis. Palyginimui išmatuotas reguliariai eksploatuojamo siurblio Nr.1 virpesių lygis, kuris buvo LR rekomenduojamose ribose. Taip pat eksperimento metu išmatuoti abiejų sistemų savieji dažniai. Paaiškėjo, kad jie nežymiai skiriasi. Tiriama siurblio Nr.2 savasis dažnis buvo 17Hz, kai reguliariai eksploatuojamo siurblio Nr.1- 18Hz.

4. Atlikus gautų virpesių duomenų analizę, paaiškėjo, kad tiriamo siurblio virpesius žadina pagrindinio variklio antrosios harmonikos virpesiai. Sutapus priverstiniais ir savajam sistemos virpesių dažniui įvyksta rezonansas ir sistemos virpesiai padidėja iki neleistino lygio. Kadangi reguliariai eksploatuojamo siurblio sistemos virpesių lygis neviršyjo leistinos reikšmės, buvo pradėta ieškoti skirtumų tarp dviejų sistemų. Išnagrinėjus klasifikacinės bendrovės GL rekomendacijas vamzdynų montavimui, paaiškėjo, kad tiriamo siurblio slėgimo pusės vamzdis pritvirtintas neleistinu būdu. Dėl šios priežasties tiriamos sistemos standumas buvo nepakankamas.

5. Vadovaujantis teorinių ir eksperimentinių tyrimų rezultatais bei GL rekomendacijomis vamzdynų tvirtinimui, pasiūlytas naujas racionalus tiriamojo siurblio Nr.2 slėgimo vamzdyno tvirtinimas prie išilginės laivo pertvaros. Ansys Workbench programoje sumodeliavus modernizuoto siurblio vamzdyno tvirtinimą BEM metodu nustatyta, kad po modernizavimo siurblio virpesių lygis sumažėjo 3,8 karto.

LITERATŪRA

1. C. Bohn, A. Cortabarría, V. Hartel, K. Kowalczyk 2002. *Active control of engine-induced vibrations in automotive vehicles using disturbance observer gain scheduling.*
2. D. Jegaden 2011. *Vibration on board Ships and its Effects*
3. Germanisher Lloyd. *Pipe guide.* IQST- Division EA
4. H. Tienhaara, H. Mikonaho 2004. *Engine dynamics and vibration control*
5. H. Zheng, G.R. Liu, J.S. Tao, K.Y. Lam 2001. *FEM/BEM analysis of diesel piston-slap induced ship hull vibration and underwater noise.*
6. International standard ISO10816. First edition 1998. *Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts.*
7. Lloyd's Register 2006. *Ship vibration and noise. Guidance notes*
8. M. Bahtiarian 2011. *Underwater noise: For New Research Vessels.* Noise control engineering, Inc.
9. M. Smith 2011. *Prediction methodologies for vibration and structure borne noise*
10. R. Butkus, J. Deikus, S. Markevičius, A. Šarlauskas 2005. *Praktinės rekomendacijos darbuotojų apsaugos nuo vibracijos keliamos rizikos nuostatams taikyti.* Vilnius
11. S. Daley, F.A. Johnson, J.B. Pearson, R. Dixon 2004. *Active vibration control for marine applications*
12. Seung-Bok Choi, Sung-Ryong Hong, Kum-Gil Sung, Jung-Woo Sohn 2007. *Optimal control structural vibrations using a mixed-mode magnetorheological fluid mount.*
13. Tom Basten, Arthur Berkhoff 2010. *Active vibration control for underwater signature reduction of a navy ship.* ICSV 17 Netherlands.
14. T.R. Lin, J. Pan, P.J. O'Shea, C.K. Mechefske 2009. *A study of vibration and vibration control of ship structures*
15. V. Barzdaitis, G. Činikas 1998. *Rotorinių mašinų monitoringas ir diagnostika.* Kaunas, Technologija.
16. Xun Li, Carl Howard, Colin Hansen and Mathias Winberg. *Feasibility of active vibration isolation of diesel engines in Collins class submarines.* The university of Adelaide.
17. ADASH A4400. Prieiga per internetą: <http://www.adash.cz/index_en.php> [žiūrėta 2013m. gegužės 14d]

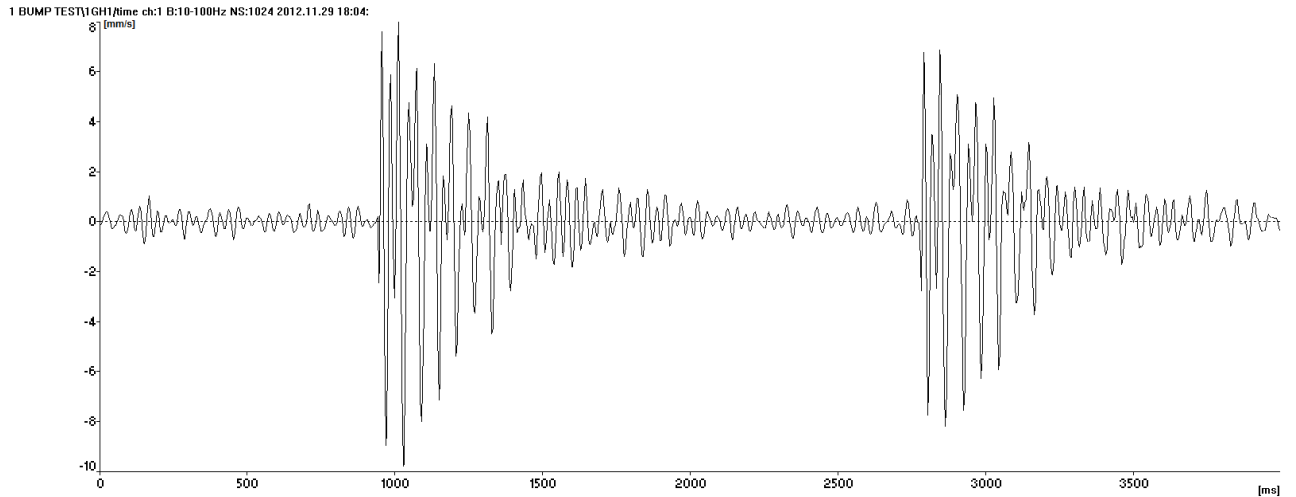
PRIEDAI

1 PRIEDAS

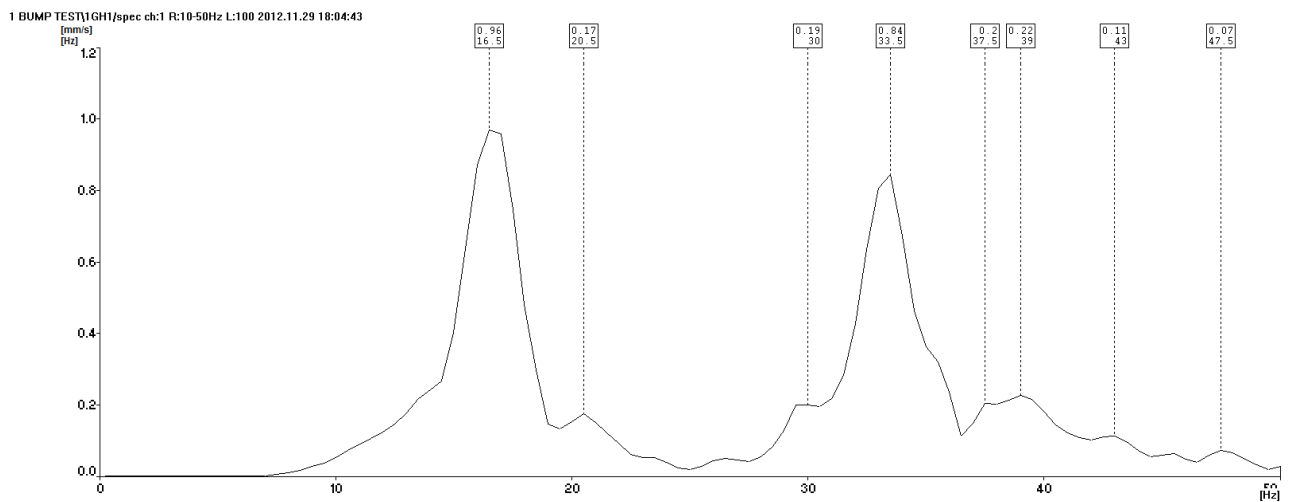
Tiriamo siurblio „Bump“ testo rezultatai gauti pirmojo reiso (eksperimento) metu.

Matavimo taškas 1GH1 (žr. 2.2.3 pav.)

Virpesių laiko grafikas:

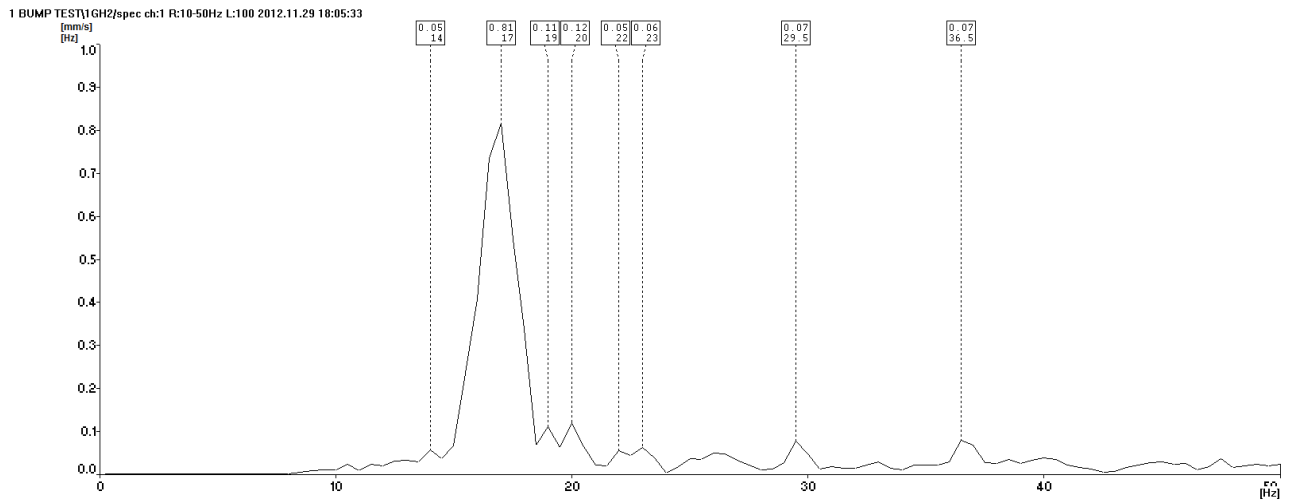


Virpesių spektras:



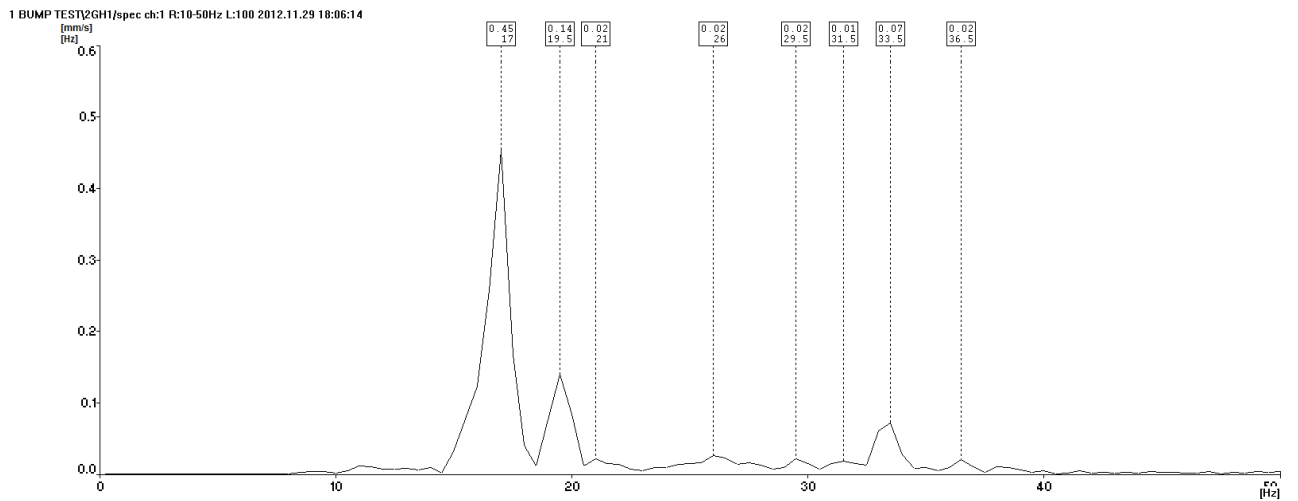
Matavimo taškas 1GH2 (žr. 2.2.3 pav.)

Virpesių spektras:



Matavimo taškas 2GH1 (žr. 2.2.3 pav.)

Virpesių spektras:

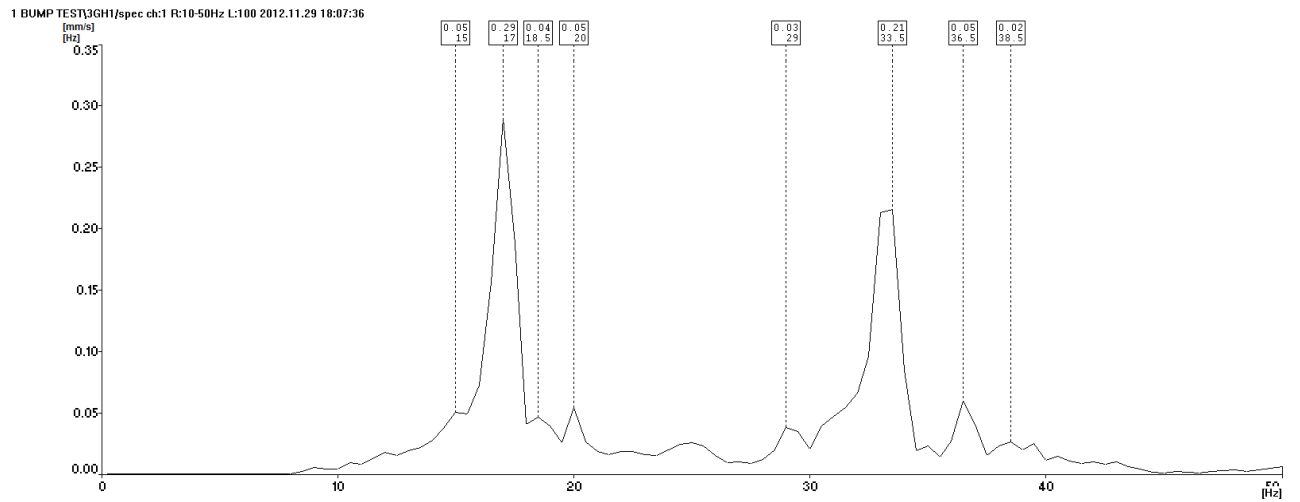
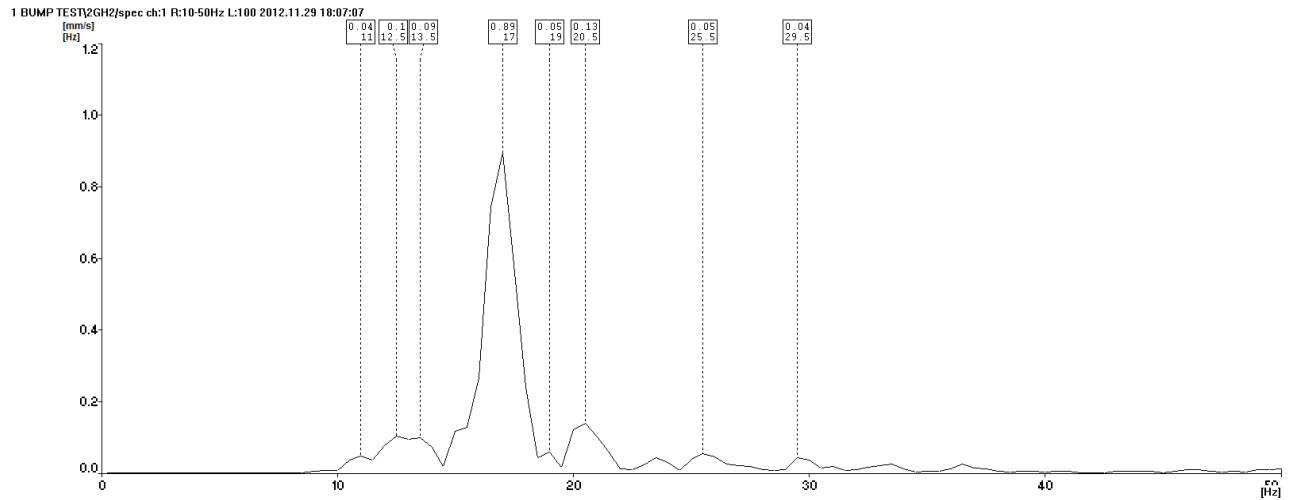


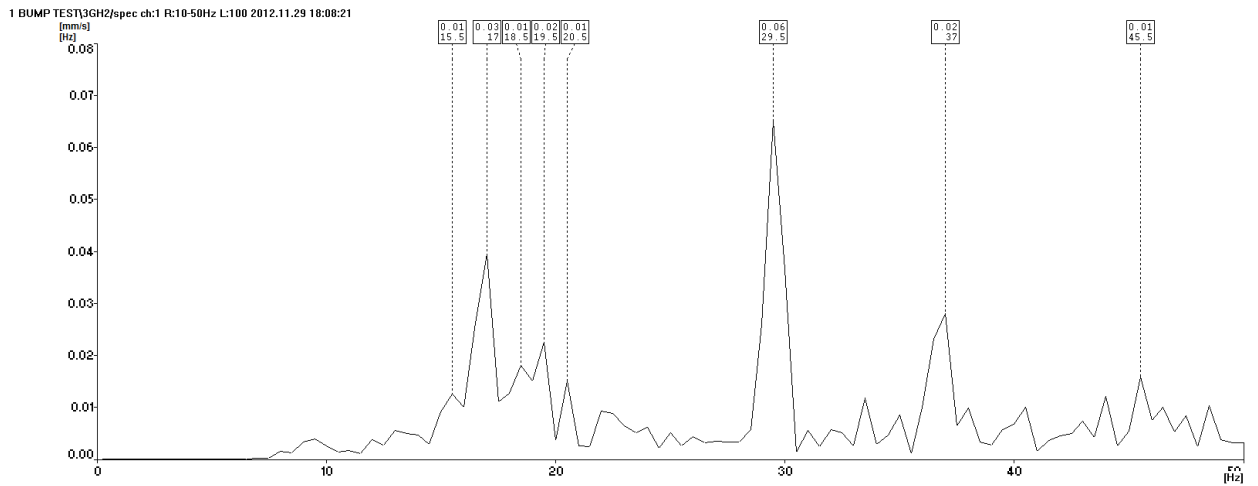
Matavimo taškas 2GH2 (žr. 2.2.3 pav.)

Virpesių spektras:

Matavimo taškas 3GH1 (žr. 2.2.3 pav.)

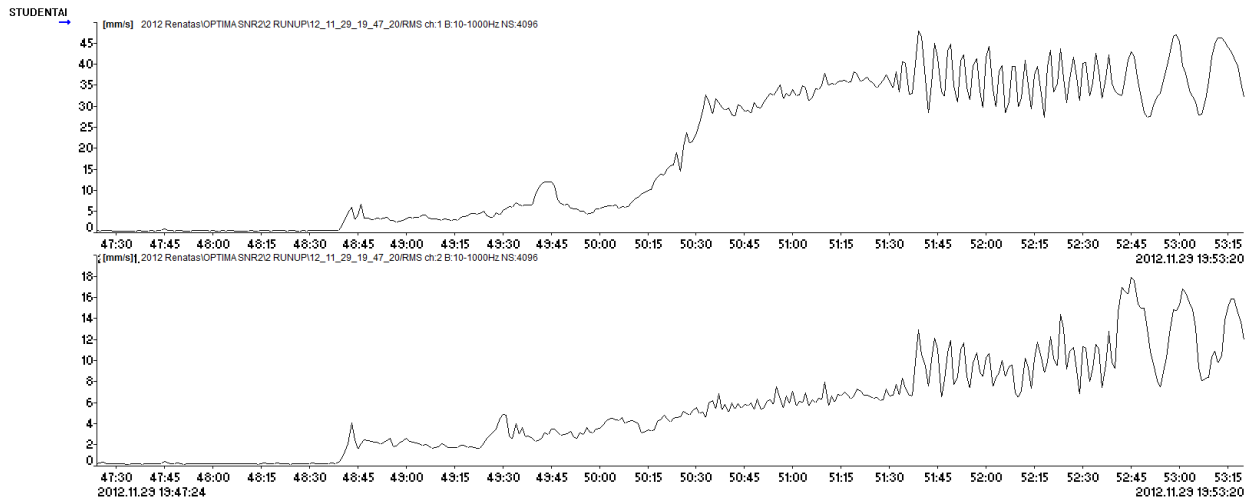
Virpesių spektras:





Matavimo taškas 3GH2 (žr. 2.2.3 pav.)

Virpesių spektras:

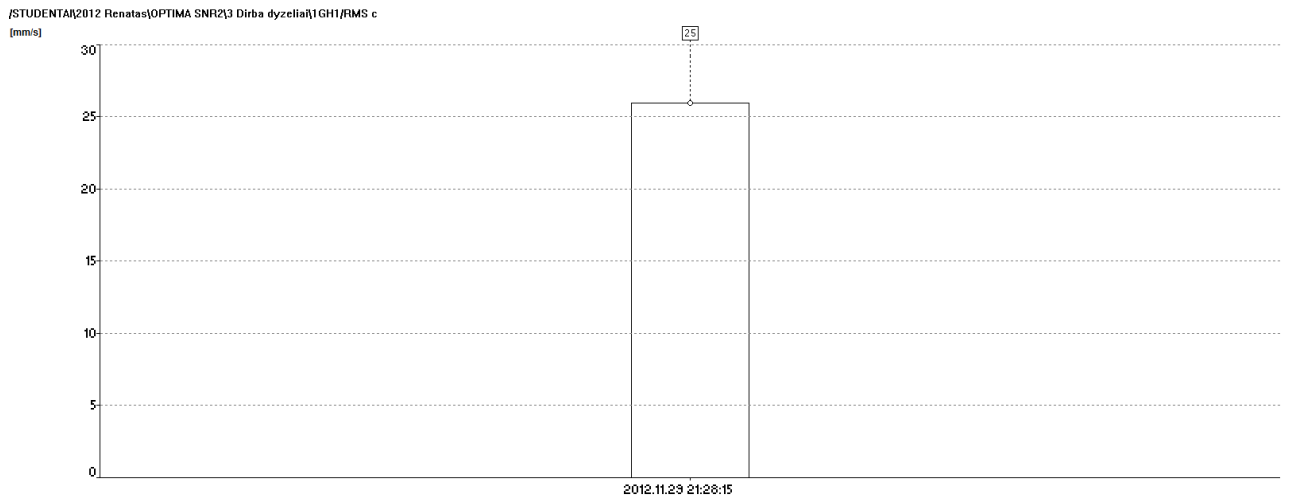


Tiriamo siurblio 1GH1 taške virpesių lygio RMS kitimas pagrindinių variklių paleidimo metu.

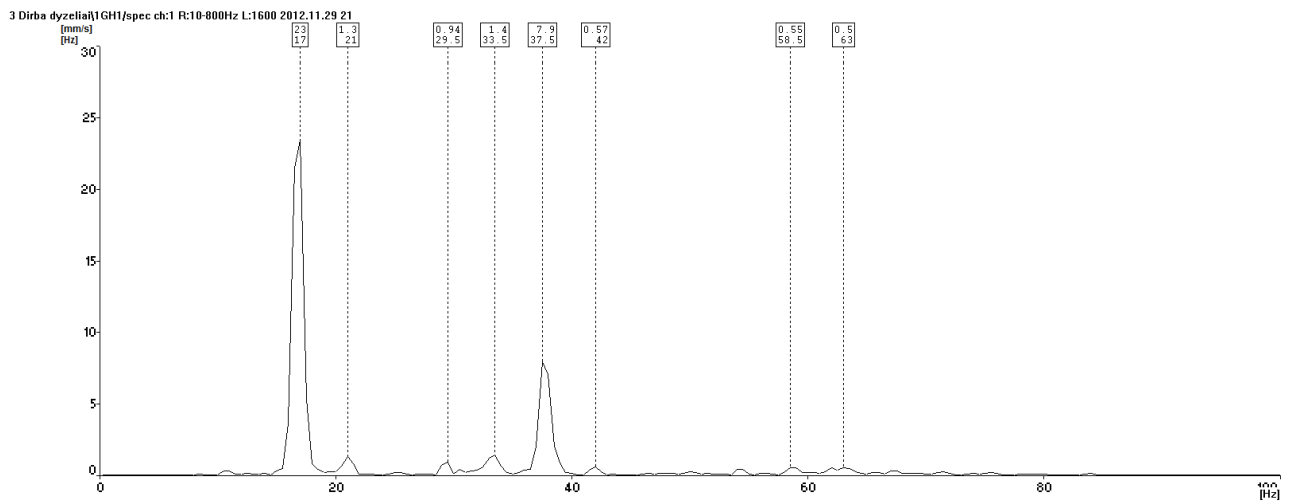
Tiriamo siurblio virpesių lygis RMS ir virpesių spektrai veikiant pagrindiniams variliams.

Matavimo taškas 1GH1 (žr. 2.2.3 pav.)

Virpesiu lygis RMS:



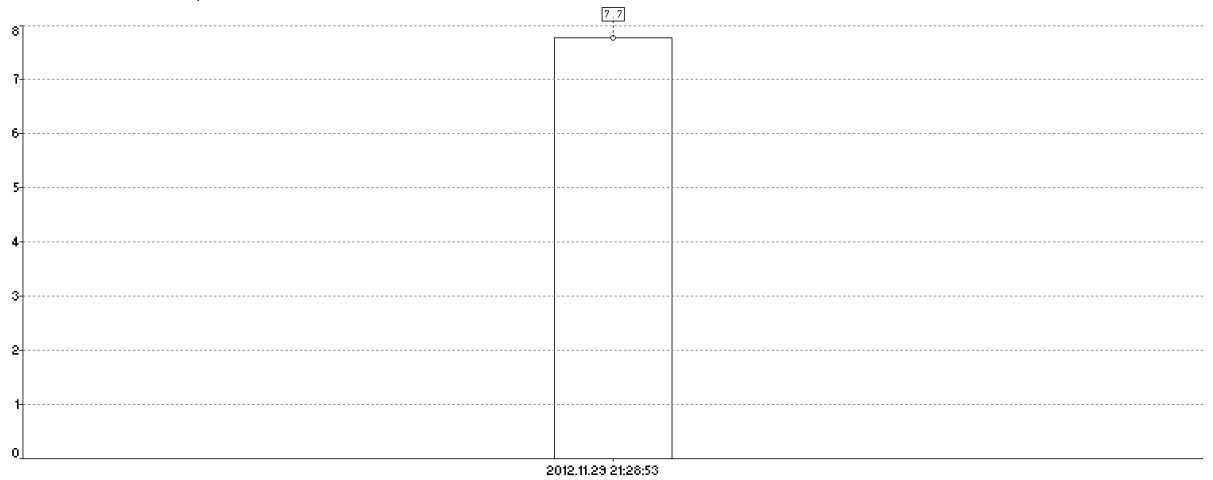
Virpesiu spektras:



Matavimo taškas 1GH2 (žr. 2.2.3 pav.)

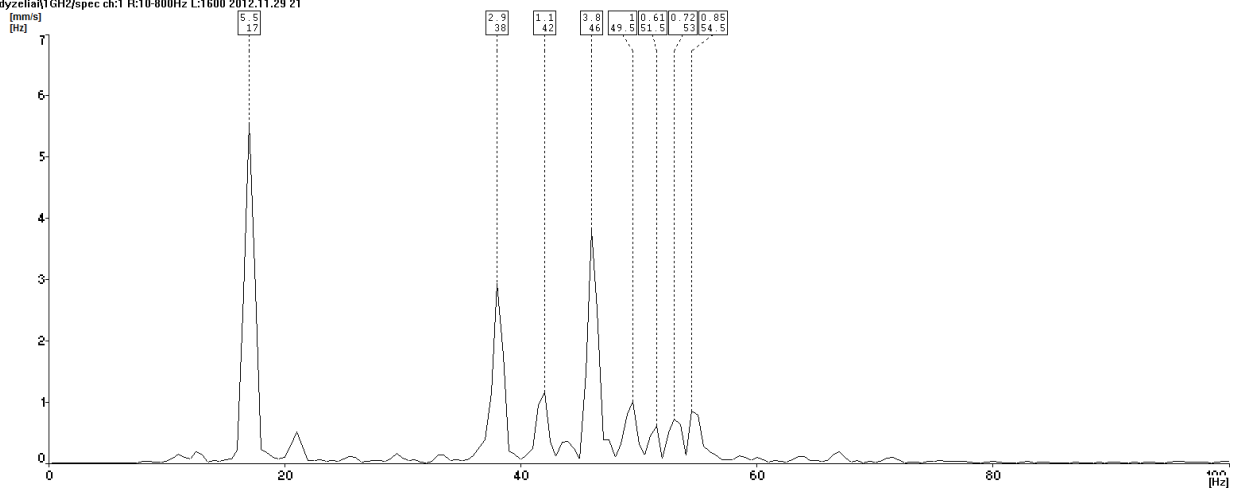
Virpesiu lygis RMS:

/STUDENTAI\2012 Renatas\OPTIMA SNR2\3 Dirba dyzeliai\1GH2\RMS c
[mm/s]



Virpesiu spektras:

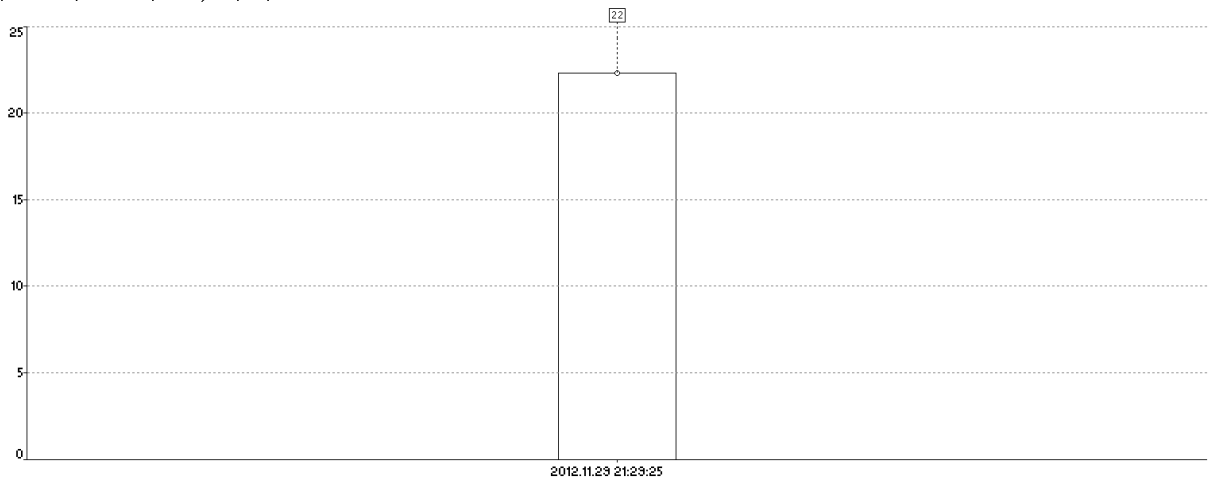
3 Dirba dyzeliai\1GH2\spec ch:1 R:10-800Hz L:1600 2012.11.29 21



Matavimo taškas 2GH1 (žr. 2.2.3 pav.)

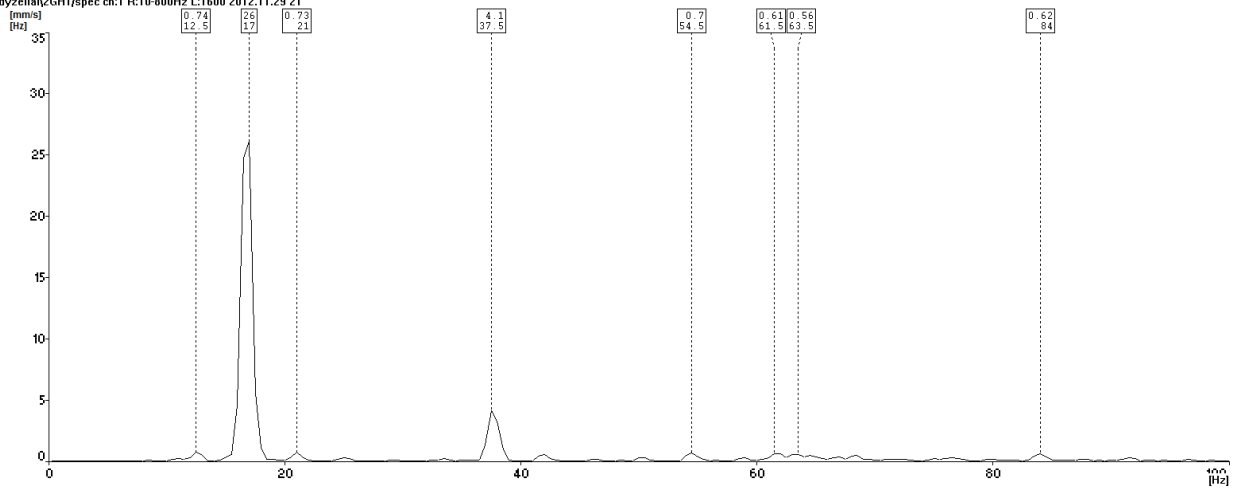
Virpesiu lygis RMS:

/STUDENTAI\2012 Renatas\OPTIMA SNR\3 Dirba dyzeliai\2GH1\RMS c
[mm/s]



Virpesiu spektras:

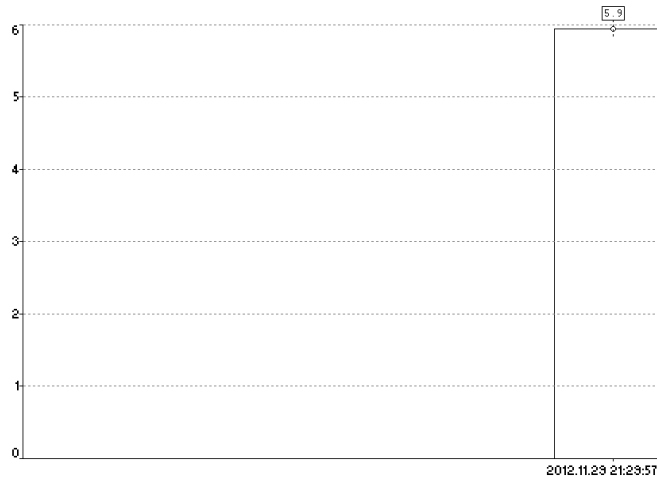
3 Dirba dyzeliai\2GH1\spec ch:1 R:10-800Hz L:1600 2012.11.29 21
[mm/s]
[Hz]



Matavimo taškas 2GH2 (žr. 2.2.3 pav.)

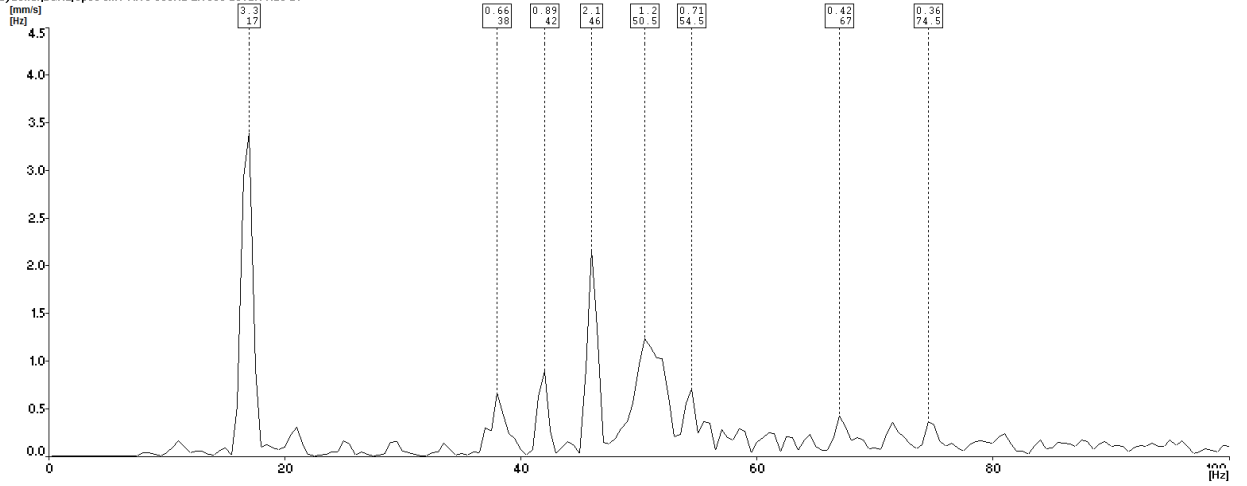
Virpesiu lygis RMS:

/STUDENTAI\2012 Renatas\OPTIMA SNR2\3 Dirba dyzeliai\2GH2\RMS c
[mm/s]



Virpesiu spektras:

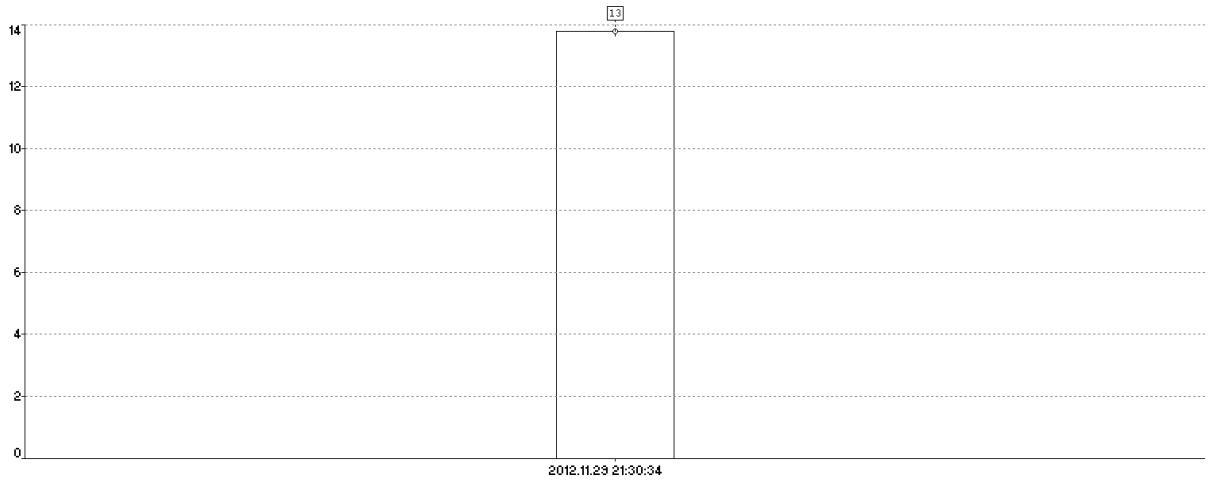
3 Dirba dyzeliai\2GH2\spec ch:1 R:10-800Hz L:1600 2012.11.29 21



Matavimo taškas 3GH1 (žr. 2.2.3 pav.)

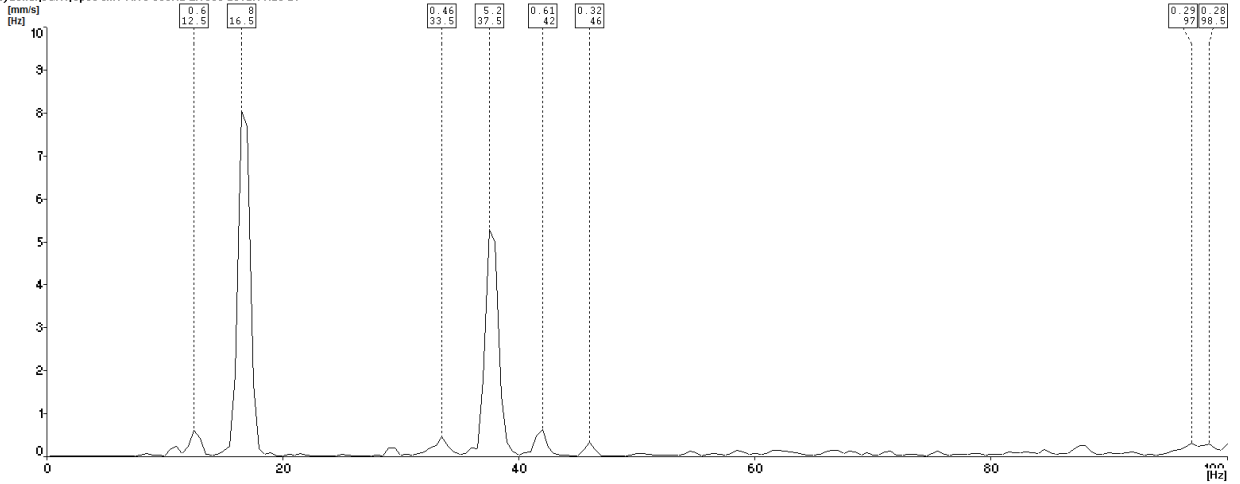
Virpesiu lygis RMS:

/STUDENTAI\2012 Renatas\OPTIMA SNR2\3 Dirba dyzeliai\3GH1\RMS c
[mm/s]



Virpesiu spektras:

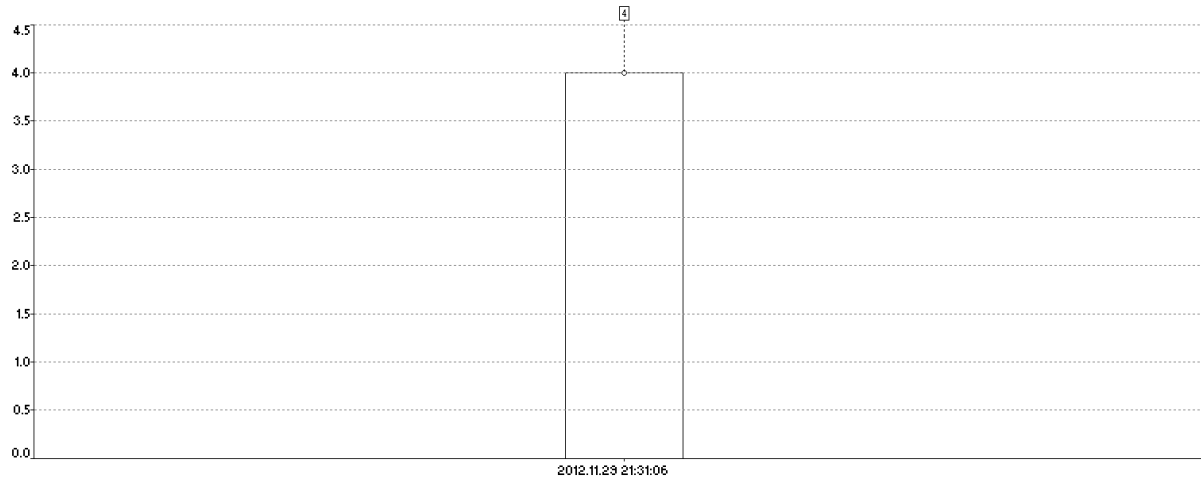
3 Dirba dyzeliai\3GH1\spec ch:1 F:10-900Hz L:1600 2012.11.29 21



Matavimo taškas 3GH2 (žr. 2.2.3 pav.)

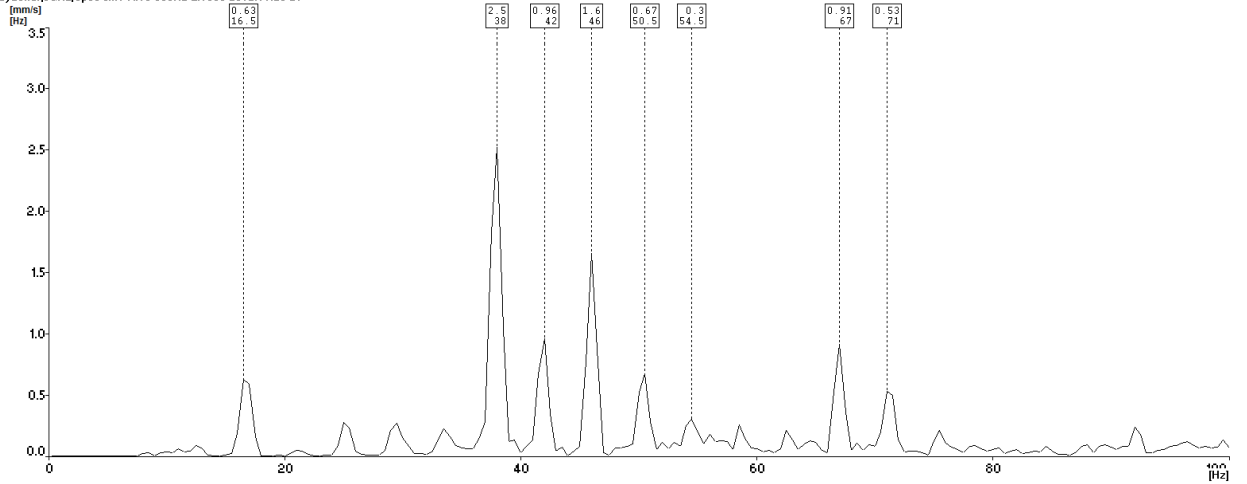
Virpesiu lygis RMS:

/STUDENTAI\2012 Renatas\OPTIMA SNR2\3 Dirba dyzeliai\3GH2\RMS c
[mm/s]



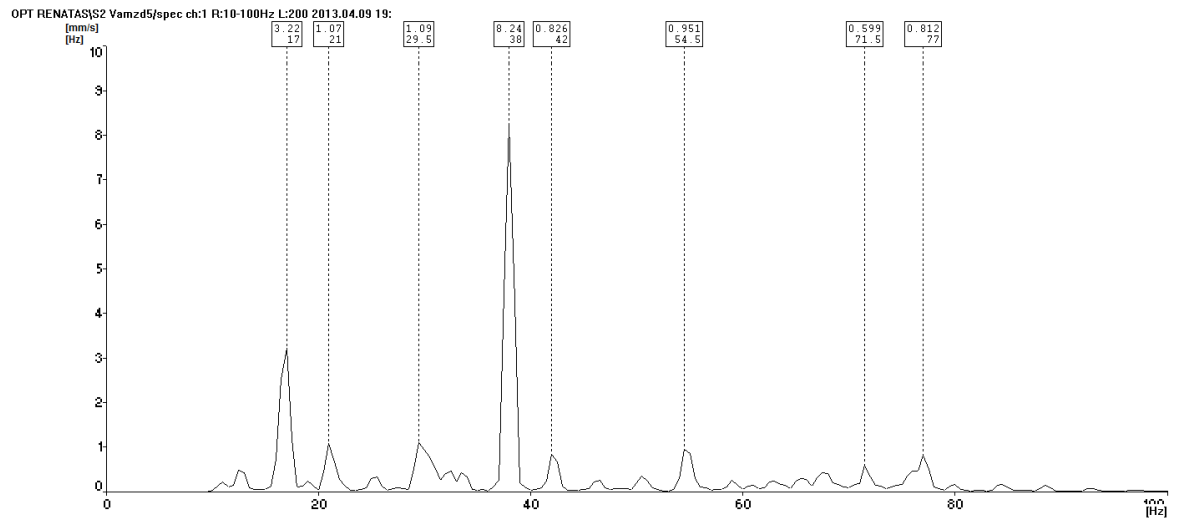
Virpesiu spektras:

3 Dirba dyzeliai\3GH2\spec ch:1 F:10-800Hz L:1600 2012.11.29 21

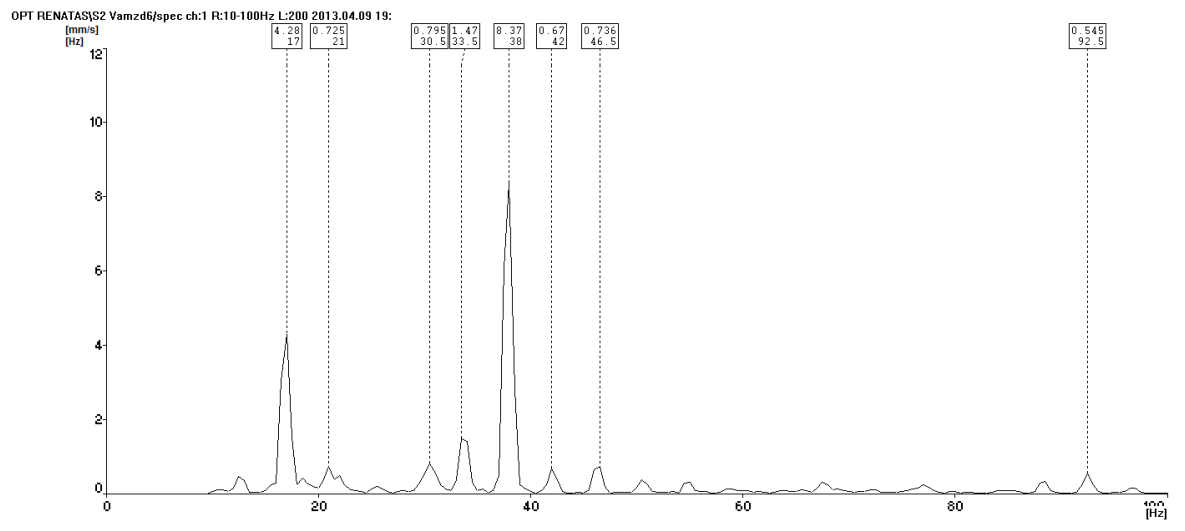


Tiriamo siurblio vamzdynų virpesių spektrai gauti antrojo reiso metu.

Matavimo taškas „vamzd 2“ (žr. 2.2.10 pav.)



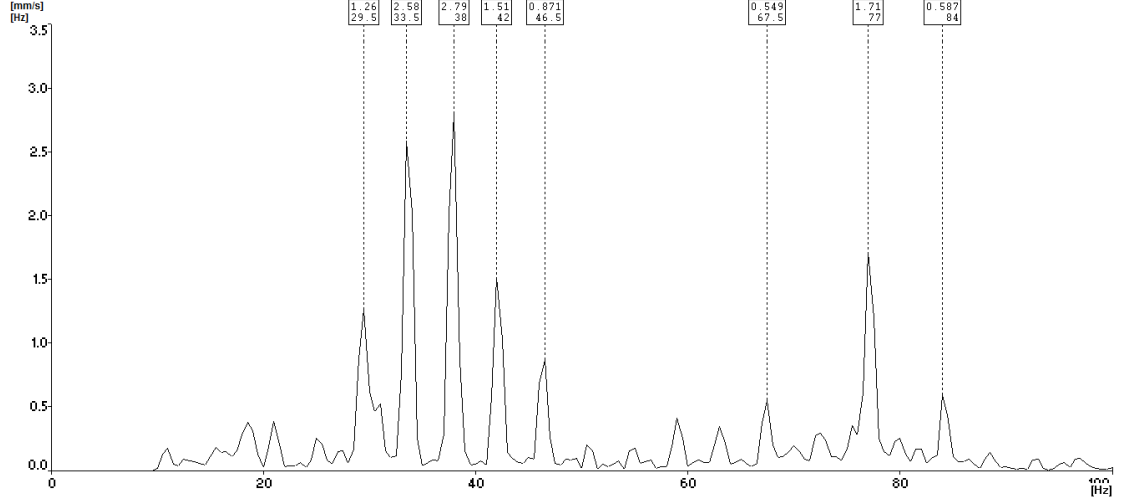
Matavimo taškas „vamzd 3“ (žr. 2.2.10 pav.)



Reguliariai eksploatuojamo siurblio vamzdynų virpesių spektrai gauti antrojo reiso metu.

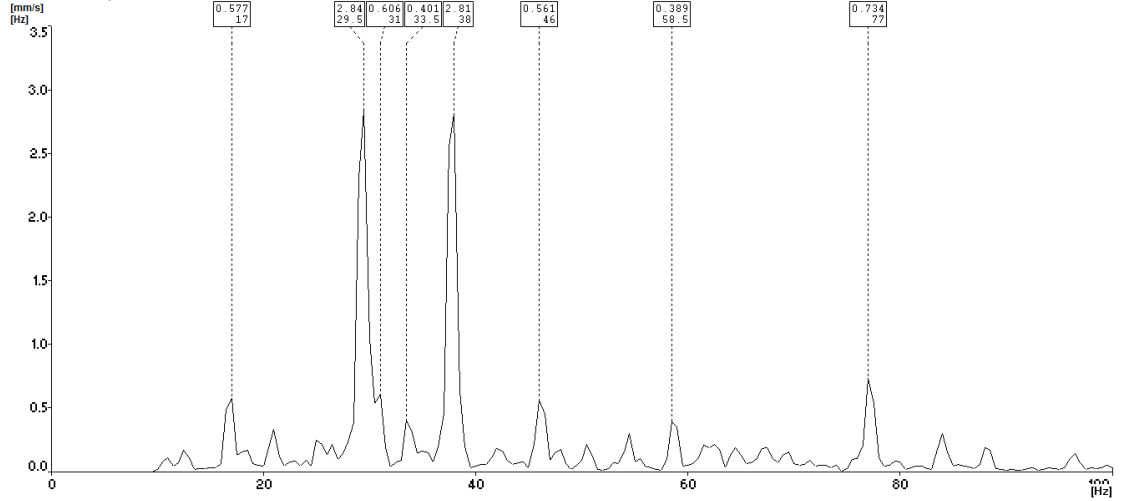
Matavimo taškas „vamzd 2“ (žr. 2.2.10 pav.)

OPT RENATAS\S1 Vamzd5/spec ch:1 R:10-100Hz L:200 2013.04.09 19:



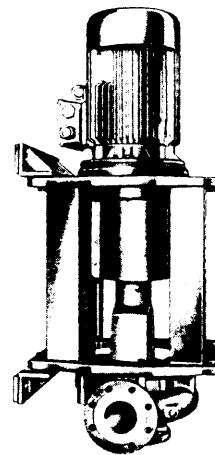
Matavimo taškas „vamzd 3“ (žr. 2.2.10 pav.)

OPT RENATAS\S1 Vamzd6/spec ch:1 R:10-100Hz L:200 2013.04.09 19:

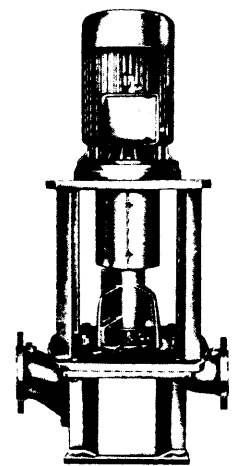


Volute Casing Centrifugal Pumps PN 10 for Pedestal or Wall Mounting

Series NIM of the Inline Design Series NAM with Axial Intake



NAM-W



NIM-S

Application

For handling fresh water, sea water, condensate, oils, brines, lyes etc. The fluids to be pumped must not contain any abrasive particles nor chemically attack the construction materials of the pumps.

Main fields of application

In shipbuilding: As general service and fire pump, bilge, ballast and cooling water pump as well as sea water pump.

In all industrial branches: For general water supply as well as in cooling and transfer circulation systems.

Type of construction

Single-stage, single-flow volute casing centrifugal pump. NIM type of construction: Volute casing of the inline design. NAM type of construction: Volute casing with axial intake and radial outlet. Nominal capacities according to DIN 24 255.

Pump casing and bearing unit are connected with the driving motor by means of a pump bracket. Feet at the lower flange of the pump bracket allow vertical pedestal installation. Laterally arranged brackets permit vertical wall mounting. General application of spacer couplings allow easy dismantling of the bearing unit including impeller without removing the volute casing, pipelines and driving motor. Readjusting of the coupling is not necessary as the pump and driving motor are exactly centered in the pump bracket, i.e. intermediate ring.

All screw connections are by means of hexagonal screws and hexagonal nuts so that even after repeated painting (shipbuilding), proper loosening of same will be ensured.

The requirements of DIN 31 001 "Contact Protection" are complied with.

Attention: In the pump denomination, the standard nominal width as per DIN 24 255 on the delivery side is applied as this nominal width, in connection with the impeller diameter, is also a characteristic size for the hydraulic performance of the pump.

With the NIM type of construction, the respective actual nominal width on the suction and delivery sides are greater by one nominal width than as per DIN 24 255 (e.g. NIM 80-250 with $DN_s = 125$ mm and $DN_d = 100$ mm).

Branch position/Flanges

With NIM: Suction and delivery branches in one line, opposite.

With NAM: Suction branch axial, delivery branch radial.

Flanges: up to DN 150 as per DIN 2533
for DN 200 and above as per DIN 2532

Shaft sealing

By uncooled stuffing boxes with internal sealing. Packing rings of Teflon-impregnated white asbestos yarn.

By uncooled, unbalanced, maintenance-free mechanical seal.

Material design:

Rotary seal	hard carbon
Stationary seal	oxide ceramics
O-rings	Viton ①
Metal parts	stainless steel

① With water above 100°C EP-rubber.

Bearing/Lubrication

Two grease-lubricated grooved ball bearings as per DIN 625 in the bearing bracket.

Upper temperature ② and pressure limits

Applicable to all three material designs.

Admissible temperature of the fluid to be pumped with uncooled stuffing box	125°C
uncooled mechanical seal	140°C
Admissible internal pressure	10 bar
Admissible inlet pressure	Inlet pressure plus max. delivery head must not exceed the admissible internal pump pressure.

② The admissible temperatures apply to water. In case of other fluids to be pumped, the temperature limits may change.

Shaft coupling/Contact protection

Flexible shaft coupling with spacer (dismounting-type coupling).

A contact protection as per DIN 31 001 is also supplied.

Exchangeability

Simple spare parts stockage owing to the unit assembly principle. For both types of construction, only three bearing units (shaft sizes) are required.

Drive

By means of three-phase motors, surface-cooled V1 type of construction, enclosures IP 44 and IP 54 according to IEC standards, class B insulation. Performances and main dimensions as per DIN 42 677.

Or by means of three-phase motors for naval operation, surface-cooled, V1 type of construction, enclosures IP 44 and IP 54 or IP 23, class B insulation.

Combination of components

The table on page 3 shows the combination possibilities of components of all NIM and NAM sizes.

It is of particular advantage that within one bearing bracket size for all pump sizes the shaft and the casing cover with stuffing box and/or mechanical seal are designed of identical construction.

Connections

The following connections are always provided:

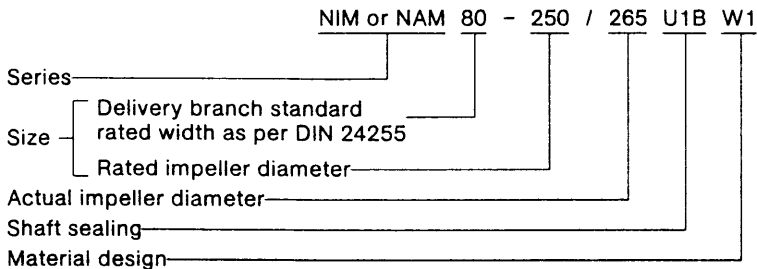
- A 1 Filling
or control pressure extraction for automatic aspirator
- B 1 Drainage
- D 8 Leakage drain
- E 3 Venting
- E 4 Venting with automatic aspirator
- M 1, M 2 Pressure gauge

Automatic aspirator A 25 A

For data, please refer to back cover of the brochure.

Abbreviation

Abbreviation system of a NIM or NAM pump



This abbreviation is entered on the rating plate.

Materials

Denomination	Part No.	Material designs				
		W 1	W 2	W 3	W 18	W 19
Volute casing	102.11	GG-25	GG-25	G-CuAl 10 Ni	GG-25	GG-25
Casing cover	161.5 a. 161.23	GG-25	GG-25	G-CuAl 10 Ni	GG-25	GG-25
Shaft	211.1	1.4021/1.7139 ^②	1.4021/1.7139 ^②	1.4401/1.7139 ^②	1.4401/1.7139 ^②	1.4401/1.7139 ^②
Impeller	230.1	GG-20	G-CuAl 10 Ni	G-CuAl 10 Ni	G-CuAl 10 Ni	GG-20
Bearing bracket	330.1	GG-25	GG-25	GG-25	GG-25	GG-25
Pump bracket	346.2	steel welded	steel welded	steel welded	steel welded	steel welded
Stuffing box gland	452.1	GG-25	GG-25	G-CuAl 10 Ni	GG-25	GG-25
Split ring	① 502.1/502.2	GC/GZ-CuSn12	GC/GZ-CuSn12	GC/GZ-CuSn12	GC/GZ-CuSn12	GC/GZ-CuSn12
Intermediate ring	509.2	GG-25	GG-25	G-CuAl 10 Ni	GG-25	GG-25
Distance sleeve	525.1	GG-25	GG-25	GC/G2-CuSn12	GG-25	GG-25
Screws and nuts coming into contact with the fluid to be pumped		stainless steel	stainless steel	stainless steel	stainless steel	stainless steel

① Split rings against surcharge.

② On the pump side (in contact with fluid) 1.4021 or 1.4401/on the motor side 1.7139. Shaft of material 1.4401/1.7139 against surcharge.

Table Combination of Components

The table below shows the combination possibility of structural and component parts of sizes NIM and NAM

bearing bracket size	Pump sizes		bearing bracket	shaft	casing cover		volute casing	impeller	pump spacer	pump foot	bracket (for wall mounting)	clutch guard	distance ring (under clutch guard)
	① NIM	NAM			stuffing box	mech. seal							
470	65-250		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		65-250					2						
	65-315						3	2	2	2	3		
		65-315					4						
	65-400						5	3	3	3	4		
							7						
	80-200							4					
							9						1
	80-250						10	5					
		80-250					11						
	80-315						12	6	2	2	3		
		80-315					13						
	100-200							7					
							15						
	100-250							8					
		100-250					16						
	100-315							9	2	2	3		
		100-315					18						
125-250			10	1	1	1							
	125-250	19											
			20					1					
530	80-400		2	2	2	2	21	11	6	6	6	2	
	100-400						22	12					
	125-315						23	13	5	5	5		
	125-400						24	14					
	150-250						25	15	5	4	5		
	150-315						26	16		5			
	150-400						27	17	6	6	6		
	200-250						28	18	4	4	5		
585	200-315		3	3	3	3	29	19				3	
	250-315						30	20					
	250-400						31	21					

Within the vertical column, identical parts with identical number are exchangeable.

- ① With series NIM, each one of the actual nominal widths on the suction and delivery sides is greater by one nominal width.
- ② Component: Bracket No. 2 with installation of an electric motor with outside flange diameter 660 mm.
Bracket No. 8 with installation of an electric motor with outside flange diameter 800 mm.

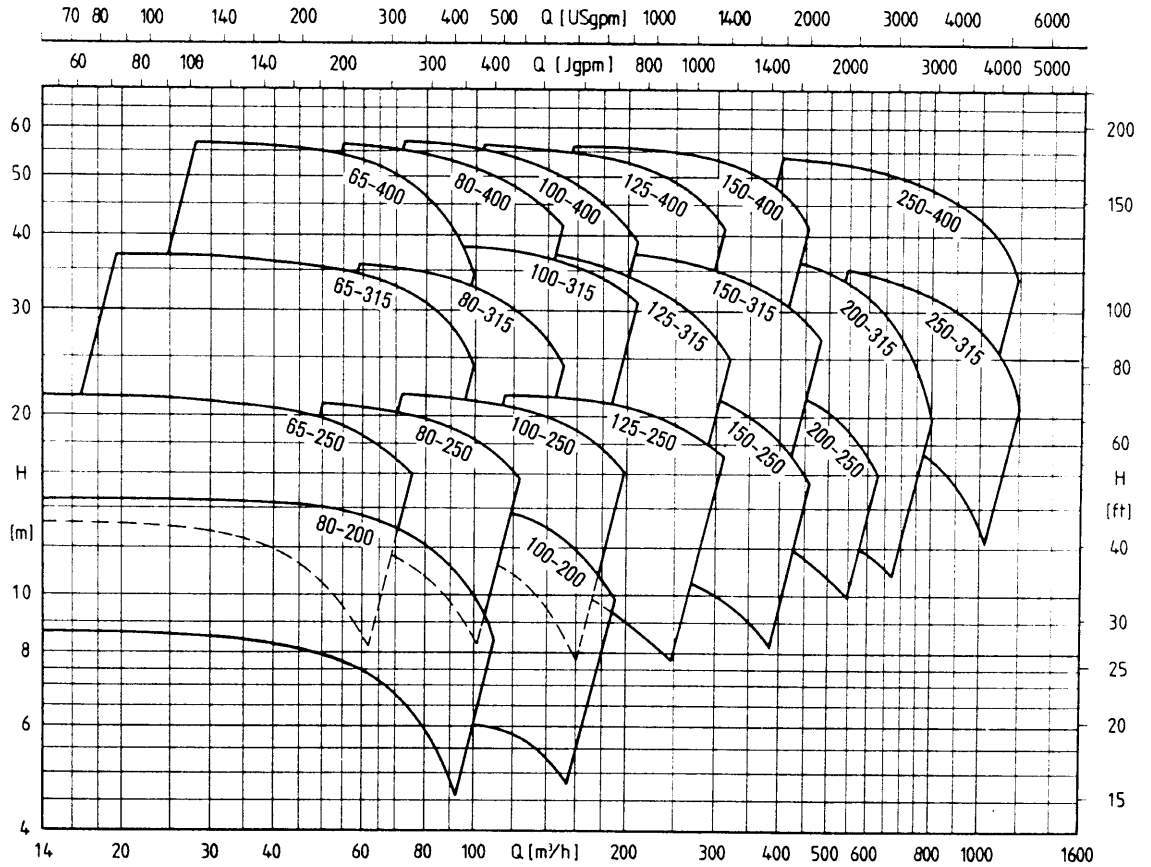
Performance graph
1450 1/min

Sizes: NIM

- 65-250
- 65-315
- 65-400
- 80-200
- 80-250
- 80-315
- 80-400
- 100-200
- 100-250
- 100-315
- 100-400
- 125-250
- 125-315
- 125-400
- 150-250
- 150-315
- 150-400
- 200-250
- 200-315
- 250-315
- 250-400

Sizes: NAM

- 65-250
- 65-315
- 80-250
- 80-315
- 100-250
- 100-315
- 125-250



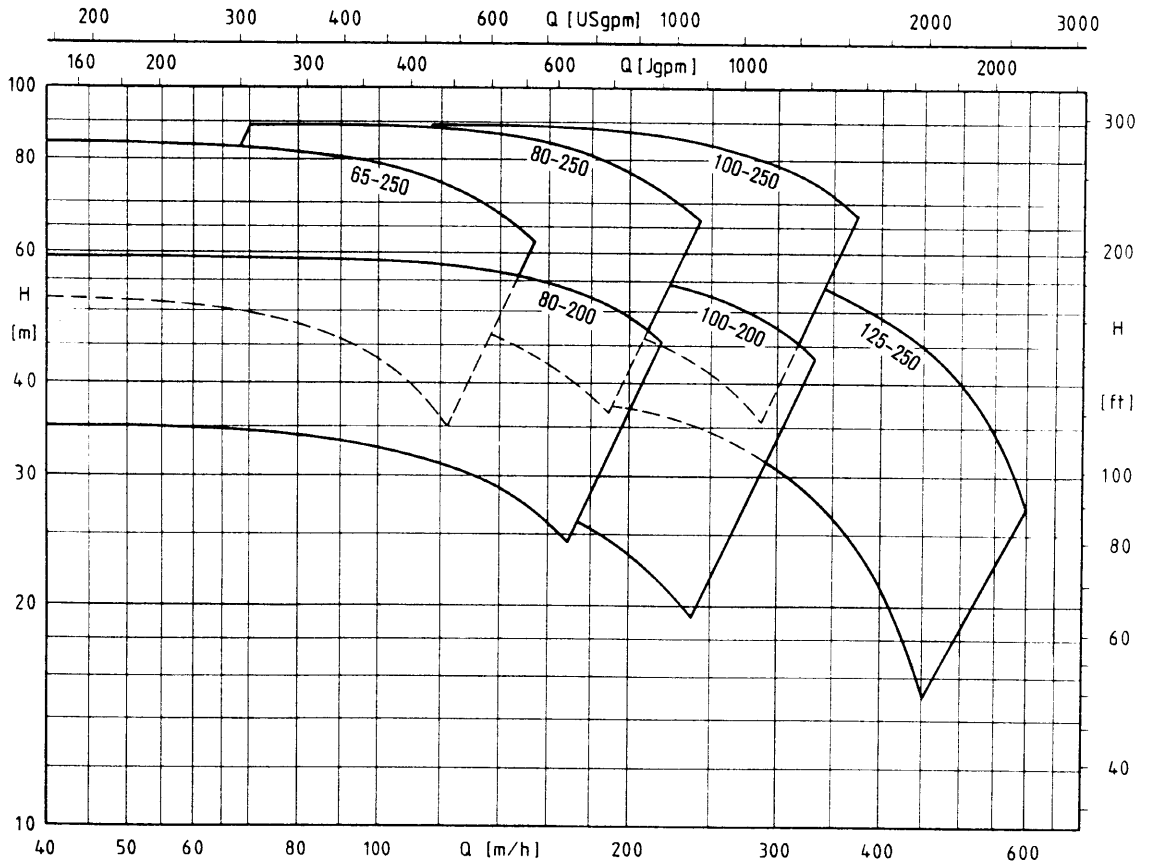
Performance graph
2900 1/min

Sizes: NIM

- 65-250
- 80-200
- 80-250
- 100-200
- 100-250
- 125-250

Sizes: NAM

- 65-250
- 80-250
- 100-250
- 125-250



Exact performance data to be taken from the individual characteristic curves.

For the smaller performance range, please refer to series NISM.

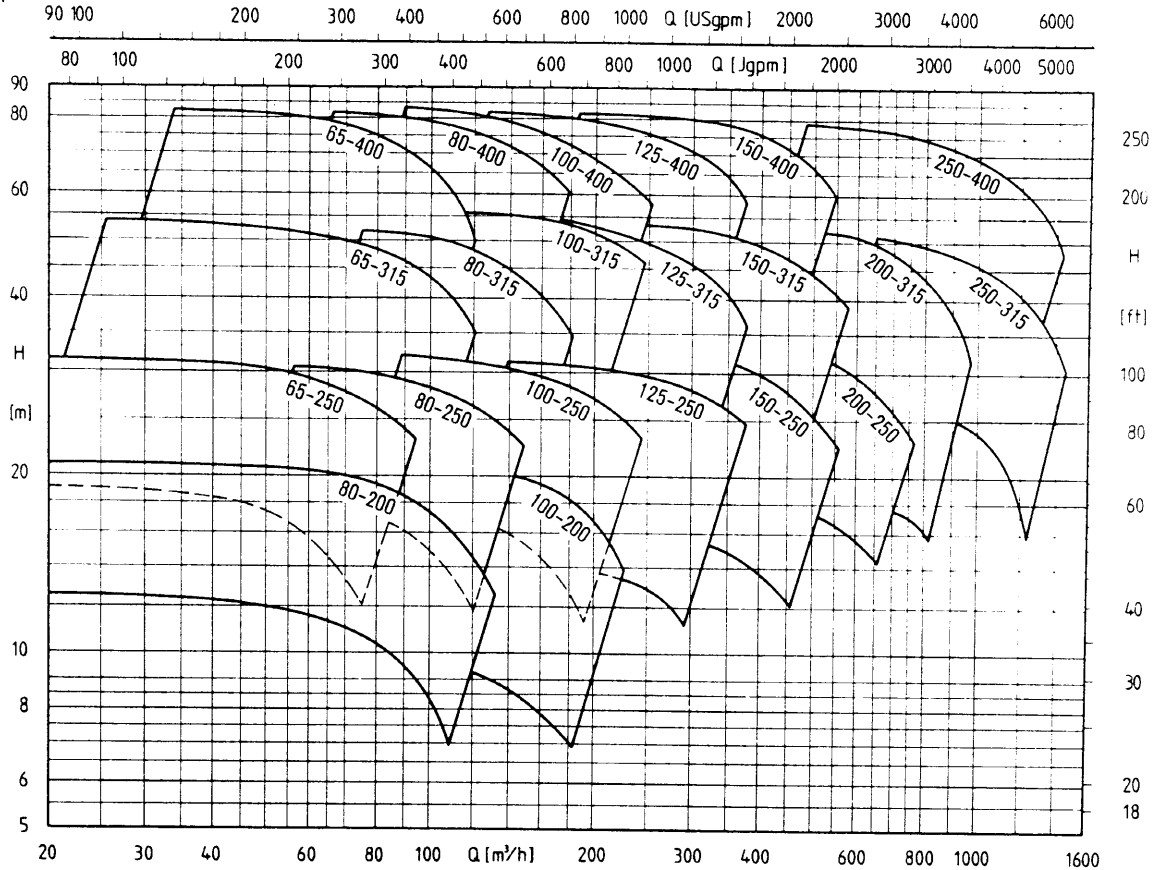
Performance graph
1750 1/min

Sizes: NIM

- 65-250
- 65-315
- 65-400
- 80-200
- 80-250
- 80-315
- 80-400
- 100-200
- 100-250
- 100-315
- 100-400
- 125-250
- 125-315
- 125-400
- 150-250
- 150-315
- 150-400
- 200-250
- 200-315
- 250-315
- 250-400

Sizes: NAM

- 65-250
- 65-315
- 80-250
- 80-315
- 100-250
- 100-315
- 125-250



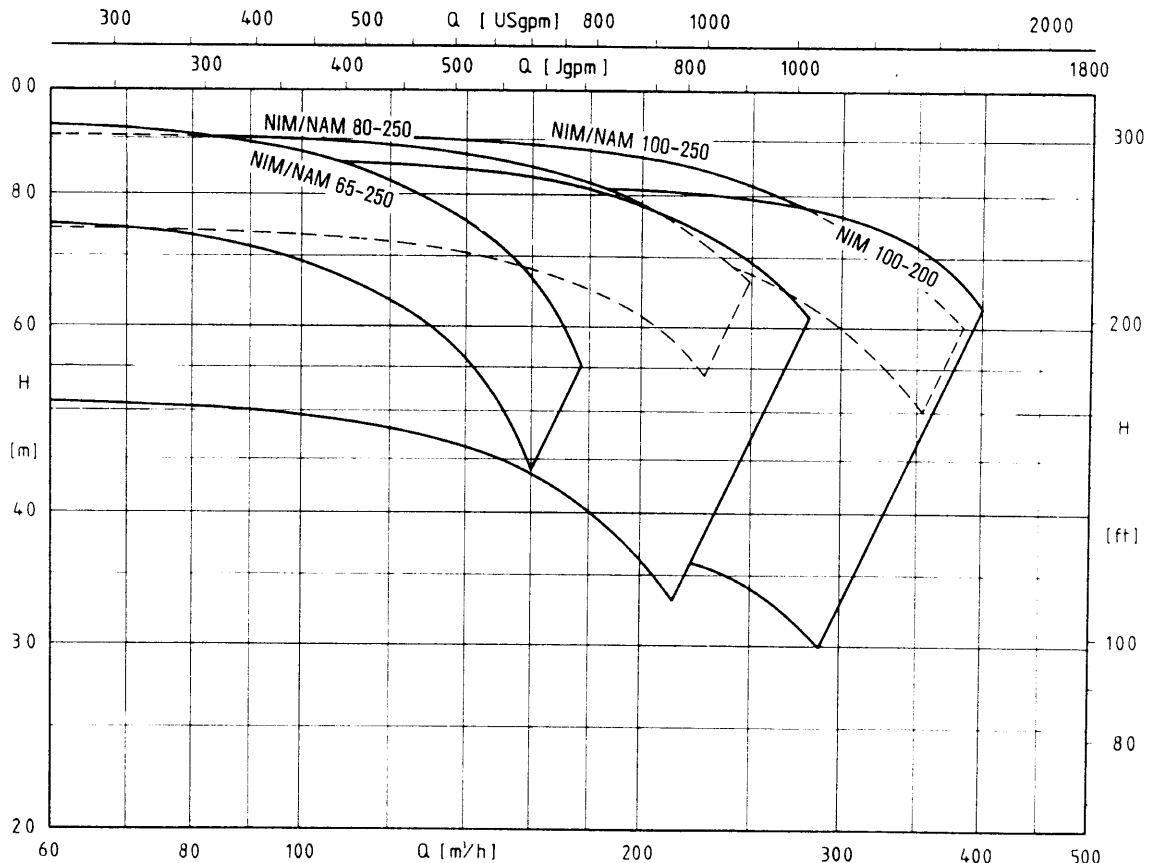
Performance graph
3500 1/min

Sizes: NIM

- 65-250
- 80-200
- 80-250
- 100-200
- 100-250
- 125-250

Sizes: NAM

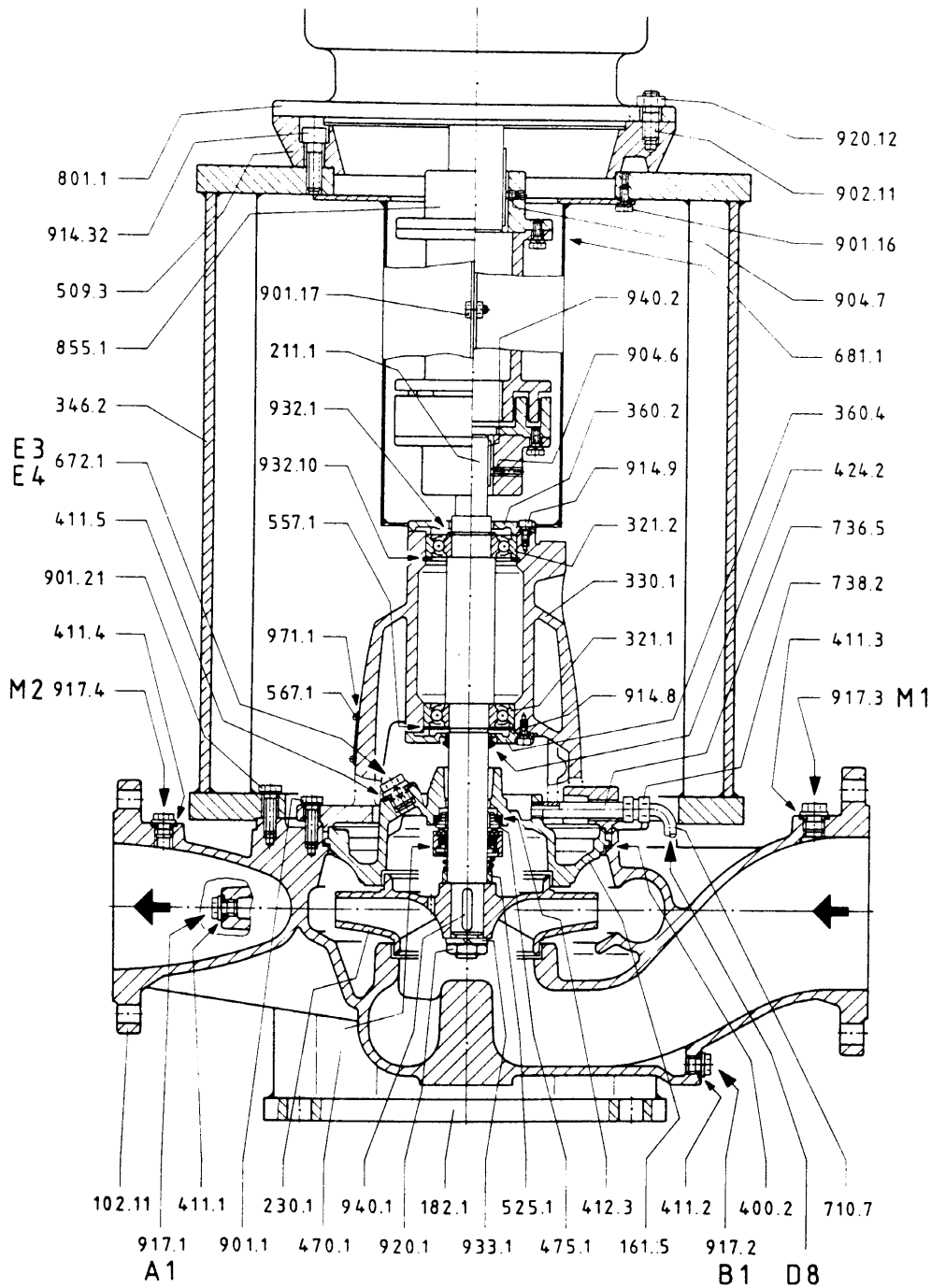
- 65-250
- 80-250
- 100-250
- 125-250



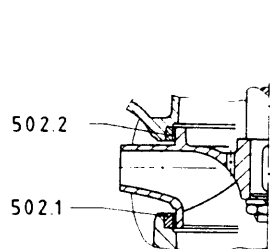
Exact performance data to be taken from the individual characteristic curves.

For the smaller performance range, please refer to series NISM.

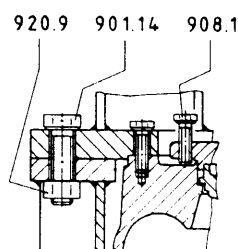
Sectional drawing Pedestal Mounting Type



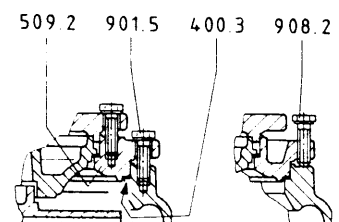
Shaft sealing: Uncooled, unbalanced mechanical seal, internal flushing
 Abbreviation: **U3D**



Design with split rings V2 (surcharge)

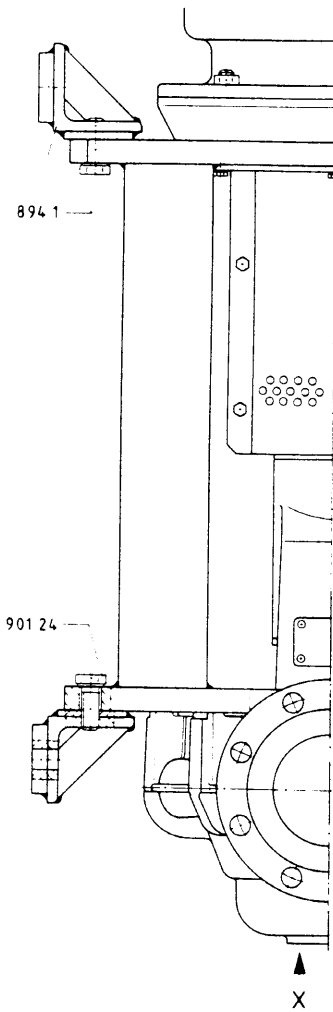


Fastening of pump feet to pump bracket



Design with intermediate ring

View Mounting Type



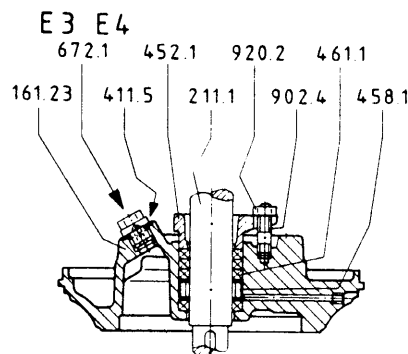
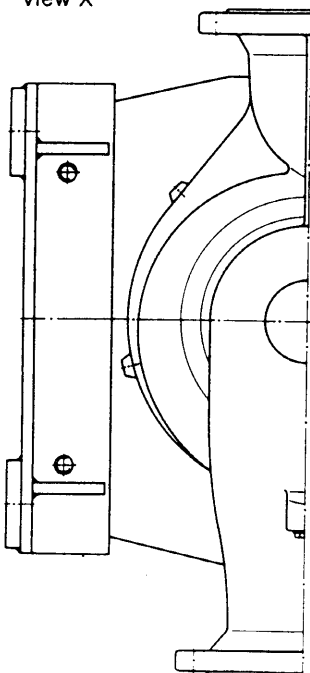
List of components for pedestal mounting and wall fastening

Denomination	Part No.	Denomination	Part No.
Volute casing	102.11	Venting screw	672.1
Casing cover	161.5	Coupling guard	681.1
Casing cover	161.23	Pipe	710.7
Pump foot	182.1	Nipple joint	736.5
Shaft	211.1	Screw-on type union	738.2
Impeller	230.1	Motor	801.1
Grooved ball bearing	321.1	Dismounting-type coupling	855.1
Grooved ball bearing	321.2	Bracket	894.1
Grooved ball bearing	321.3	Hexagonal screw	901.1
Grooved ball bearing	321.4	Hexagonal screw	901.5
Bearing bracket	330.1	Hexagonal screw	901.14
Pump spacer	346.2	Hexagonal screw	901.16
Bearing cover	360.2	Hexagonal screw	901.17
Bearing cover	360.4	Hexagonal screw	901.21
Bearing cover	360.5	Hexagonal screw	901.24
Gasket	400.2	Locking screw	902.4
Gasket	400.3	Locking screw	902.11
Washer	411.1	Stud	904.6
Washer	411.2	Stud	904.7
Washer	411.3	Forcing screw	908.1
Washer	411.4	Forcing screw	908.2
Washer	411.5	Socket head cap screw	914.8
O-ring	412.3	Socket head cap screw	914.9
V-ring	424.2	Socket head cap screw	914.32
Gland	452.1	Threaded plug	917.1
Seal ring	458.1	Threaded plug	917.2
Packing ring	461.1	Threaded plug	917.3
Mechanical seal	470.1	Threaded plug	917.4
Stationary seal ring	475.1	Hexagonal nut	920.1
Casing wear ring	502.1	Hexagonal nut	920.2
Casing wear ring	502.2	Hexagonal nut	920.9
Intermediate ring	509.1	Hexagonal nut	920.12
Nilos ring	516.1	Circlip	932.1
Nilos ring	516.2	Circlip	932.10
Distance sleeve	525.1	Spring washer	933.1
Support disc	551.3	Key	940.1
Support disc	551.7	Key	940.2
Ball bearing balancing disc	557.1	Cup spring	952.3
Blind rivet	567.1	Rating plate	971.1

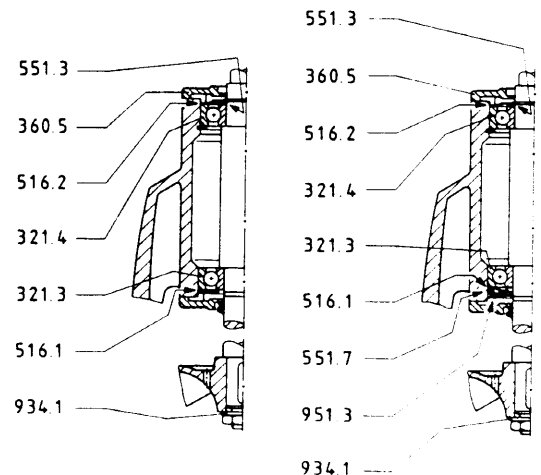
Connections

- A1 Filling or control pressure extraction for automatic aspirator
- B1 Drainage
- D8 Leakage drain
- E3 Venting
- E4 Venting with automatic aspirator
- M1 Pressure gauge
- M2 Pressure gauge

View X

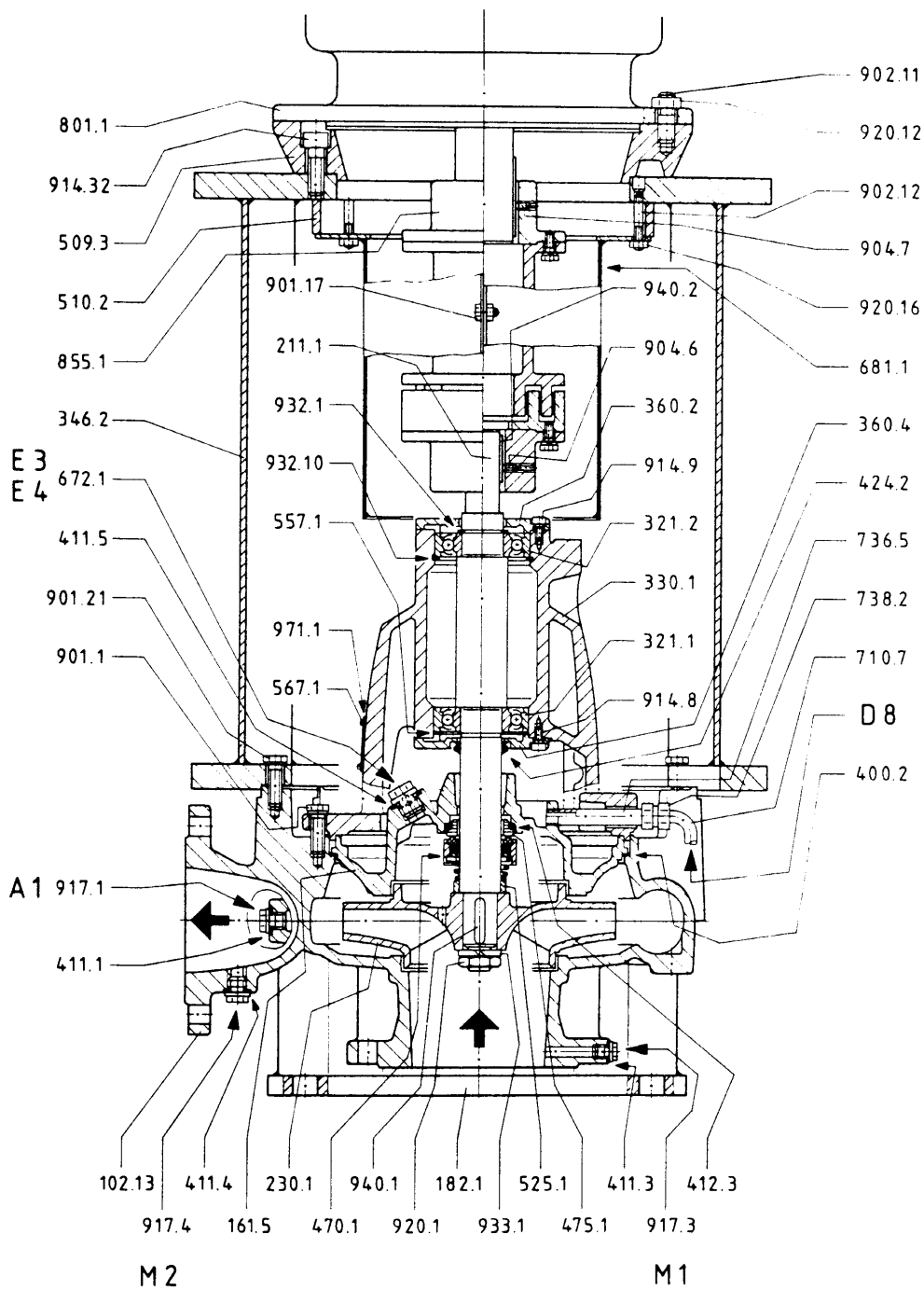


Stuffing box with internal sealing U1B

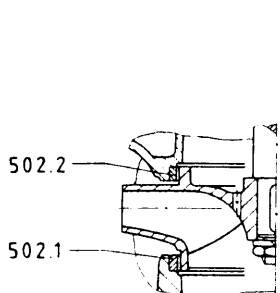


Design of bearing and impeller safety mechanism with bearing bracket size

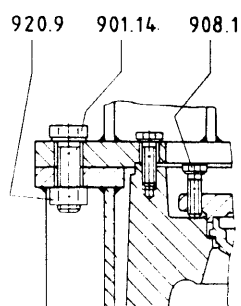
Sectional drawing Pedestal Mounting Type



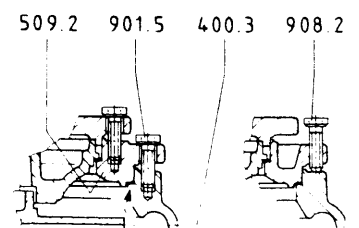
Shaft sealing: Uncooled, unbalanced mechanical seal, internal flushing
 Abbreviation: **U3D**



Design with split rings V2 (surcharge)

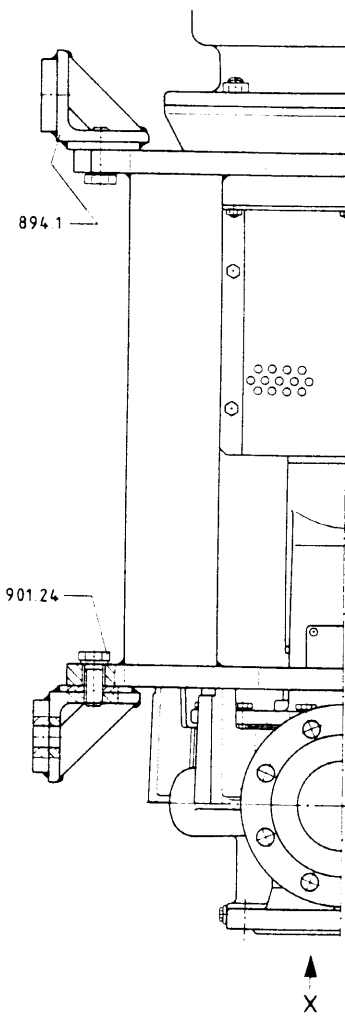


Fixture of pump feet to pump bracket

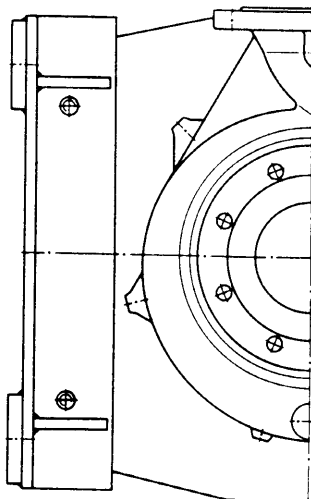


Model with intermediate ring

View Wall Mounting Type



View X

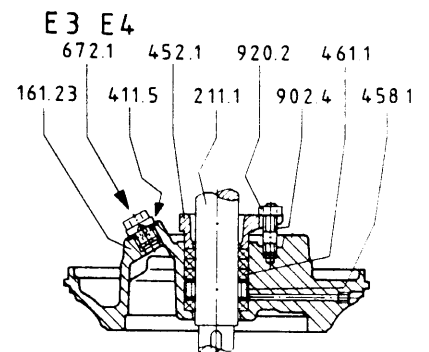


List of components for pedestal mounting and wall fastening

Denomination	Part No.	Denomination	Part No.
Volute casing	102.13	Pipe	710.7
Casing cover	161.5	Nipple joint	736.5
Casing cover	161.23	Screw-on type union	738.2
Pump foot	182.1	Motor	801.1
Shaft	211.1	Dismounting-type coupling	855.1
Impeller	230.1	Bracket	894.1
Grooved ball bearing	321.1	Hexagonal screw	901.1
Grooved ball bearing	321.2	Hexagonal screw	901.5
Bearing bracket	330.1	Hexagonal screw	901.14
Pump spacer	346.2	Hexagonal screw	901.17
Bearing cover	360.2	Hexagonal screw	901.21
Bearing cover	360.4	Hexagonal screw	901.24
Gasket	400.2	Locking screw	902.4
Gasket	400.3	Locking screw	902.11
Washer	411.1	Locking screw	902.12
Washer	411.3	Stud	904.6
Washer	411.4	Stud	904.7
Washer	411.5	Forcing screw	908.1
O-ring	412.3	Forcing screw	908.2
V-ring	424.2	Socket head cap screw	914.8
Gland	452.1	Socket head cap screw	914.9
Seal ring	458.1	Socket head cap screw	914.32
Packing ring	461.1	Threaded plug	917.1
Mechanical seal	470.1	Threaded plug	917.3
Stationary seal ring	475.1	Threaded plug	917.4
Casing wear ring	502.1	Hexagonal nut	920.1
Casing wear ring	502.2	Hexagonal nut	920.2
Intermediate ring	509.2	Hexagonal nut	920.9
Intermediate ring	509.3	Hexagonal nut	920.12
Distance ring	510.2	Hexagonal nut	920.16
Distance sleeve	525.1	Circlip	932.1
Ball bearing balancing disc	557.1	Spring washer	933.1
Blind rivet	567.1	Key	940.1
Venting screw	672.1	Key	940.2
Coupling guard	681.1	Rating plate	971.1

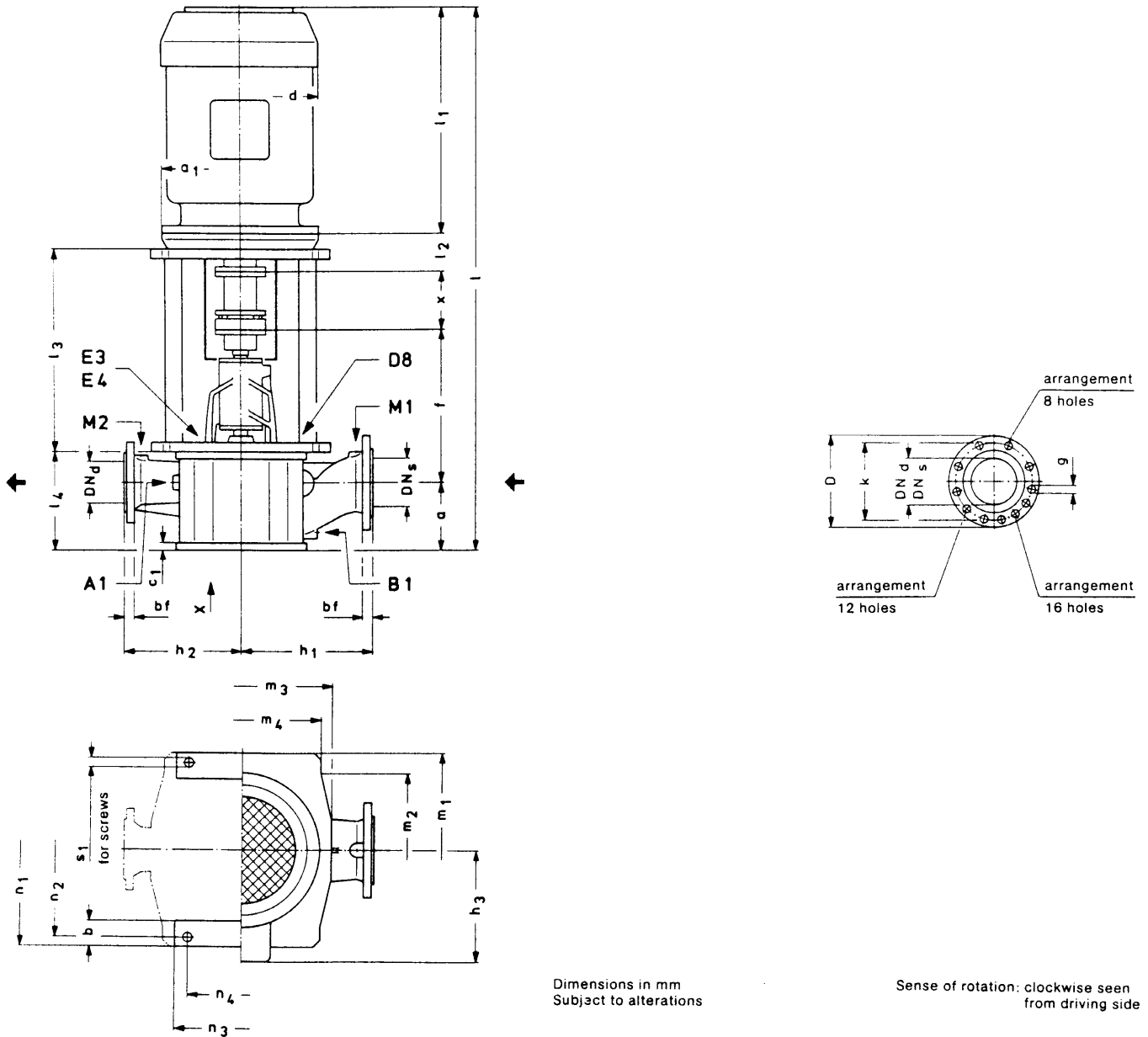
Connections

- A1 Filling or control pressure extraction for automatic aspirator
- B1 Drainage
- D8 Leakage drain
- E3 Venting
- E4 Venting with automatic aspirator
- M1 Pressure gauge
- M2 Pressure gauge



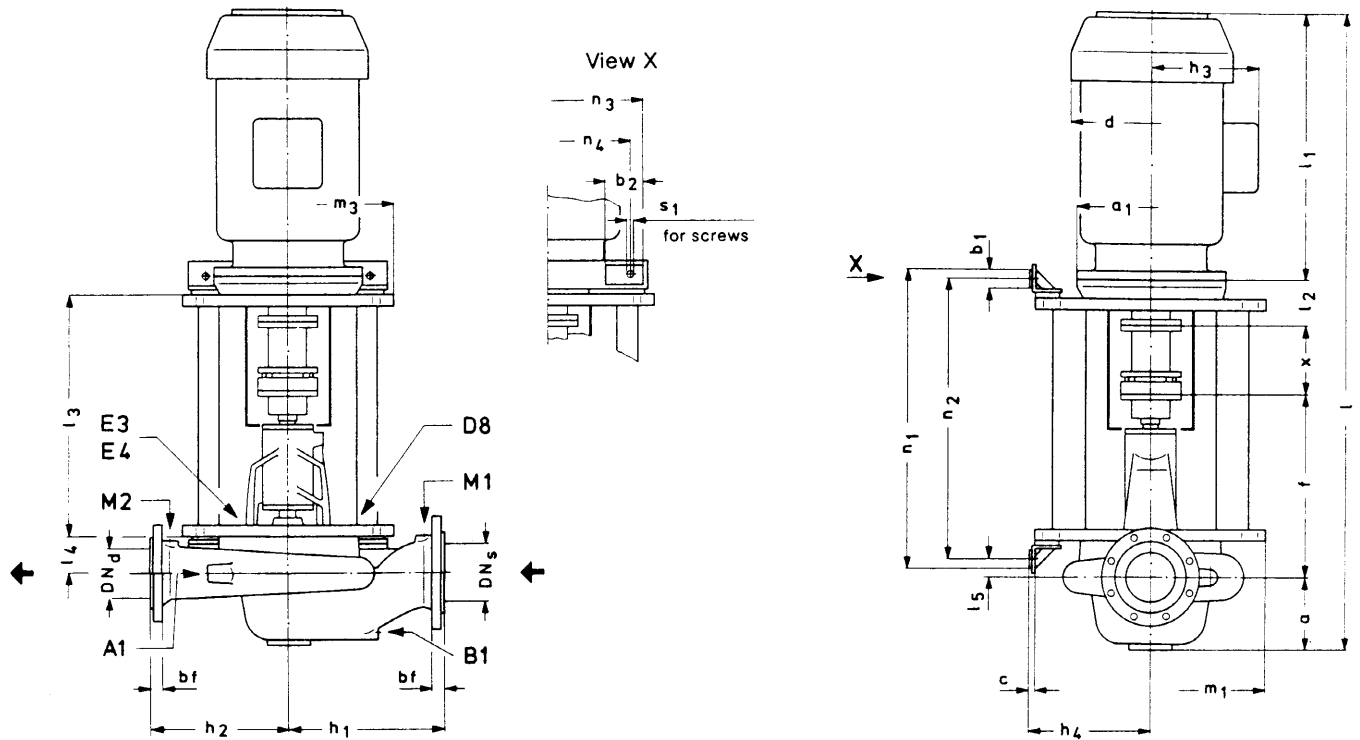
Stuffing box with internal sealing **U1B**

Unit dimensions – Pump with Inline Casing for Pedestal Mounting

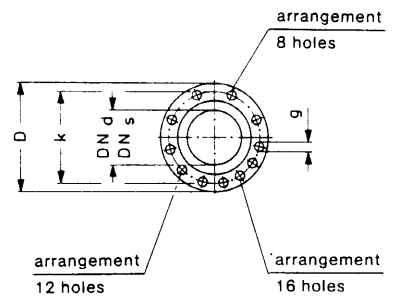


Size	bearing bracket size	pump spacer size	Unit dimensions																			
			Pump dimensions												extension dimension x	Dimensions of fastening brackets						
			DN_s	DN_d	a	f	h_1	h_2	l_3	m_1	m_2	m_3	m_4	b		c_1	l_4	n_1	n_2	n_3	n_4	s_1
65-250	470	470-250	100	80	210	470	355	350	585	600	476	550	480	140	80	18	296	600	540	400	330	M20
65-315	470	470-315	100	80	185	470	385	375	601	650	525	590	535	140	80	18	255	650	590	450	380	M20
65-400	470	470-400	100	80	155	470	425	415	601	700	-	615	615	140	60	18	225	700	655	500	430	M20
80-200	470	470-250	125	100	210	470	360	350	585	600	476	550	480	140	80	18	296	600	540	400	330	M20
80-250	470	470-250	125	100	210	470	360	350	585	600	476	550	480	140	80	18	296	600	540	400	330	M20
80-315	470	470-315	125	100	185	470	390	375	601	650	525	590	535	140	80	18	255	650	590	450	380	M20
80-400	530	530-400	125	100	250	570	450	435	666	790	-	615	615	180	100	23	355	790	700	570	480	M24
100-200	470	470-250	150	125	210	470	380	350	585	600	476	550	480	140	80	18	296	600	540	400	330	M20
100-250	470	470-250	150	125	210	470	400	350	585	600	476	550	480	140	80	18	296	600	540	400	330	M20
100-315	470	470-315	150	125	185	470	425	420	601	650	525	590	535	140	80	18	255	650	590	450	380	M20
100-400	530	530-400	150	125	250	530	450	435	666	790	-	615	615	180	100	23	355	790	700	570	480	M24
125-250	470	470-250	200	150	210	470	440	355	585	600	476	550	480	140	80	18	296	600	540	400	330	M20
125-315	530	530-315	200	150	250	530	440	390	666	710	540	615	550	180	100	23	355	710	620	500	410	M24
125-400	530	530-400	200	150	250	530	470	450	666	790	-	615	615	180	100	23	355	790	700	570	480	M24
150-250	530	530-315	250	200	305	530	480	400	666	710	540	615	550	180	100	23	410	710	620	500	410	M24
150-315	530	530-315	250	200	250	530	465	450	666	710	540	615	550	180	100	23	355	710	620	500	410	M24
150-400	530	530-400	250	200	250	530	500	500	666	790	-	615	615	180	100	23	355	790	700	570	480	M24
200-250	530	530-250	250	250	280	530	520	480	641	810	640	615	550	180	100	23	410	810	720	500	410	M24
200-315	585	585-400	300	250	350	585	580	480	860	1000	795	800	690	300	120	23	496	1000	900	660	570	M30
250-315	585	585-400	350	300	350	585	665	600	860	1000	795	800	690	300	120	23	496	1000	900	660	570	M30
250-400	585	585-400	350	300	350	585	700	600	860	1000	795	800	690	300	120	23	496	1000	900	660	570	M30

Unit dimensions - Pump with Inline Casing for Wall Mounting

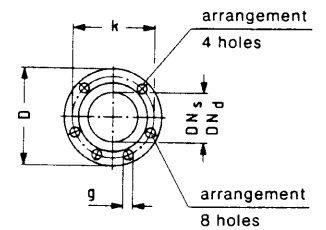
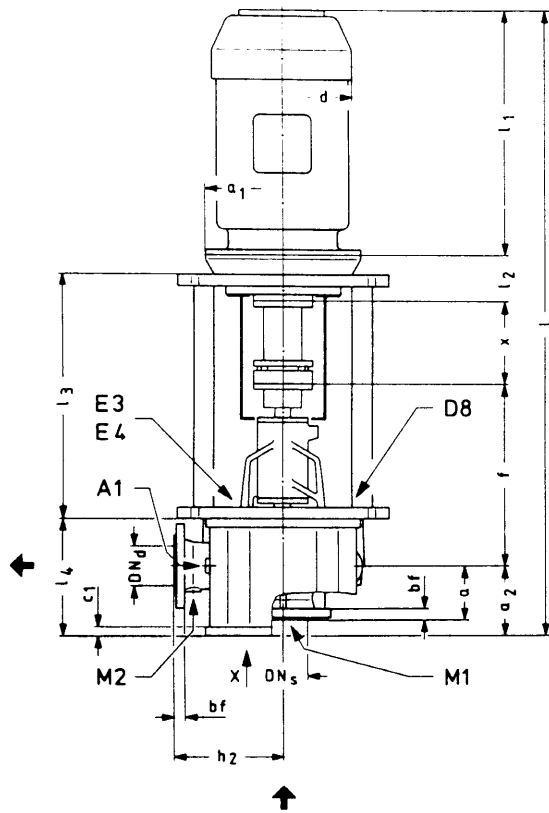


① The dimensions of fastening brackets of pump spacer size 470-250 do not apply to electric motors with flange size $a_1 = 660$ mm. In case of use of these electric motors or in case of combination with the above-mentioned pump spacer size, please inquire.

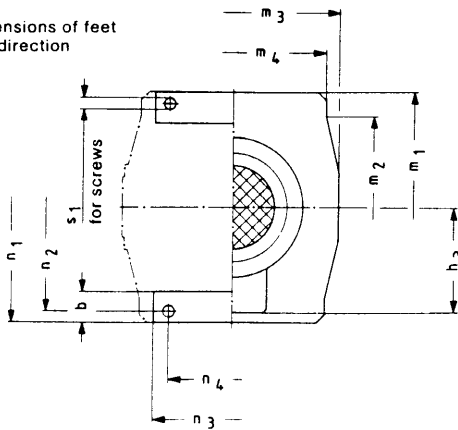


size	bearing bracket size	pump spacer size	Unit dimensions																				
			Pump dimensions										extension dimension	Dimensions of fastening brackets									
			DN_s	DN_d	a	f	h_1	h_2	l_3	l_4	m_1	m_3		x	b_1	b_2	c	h_4	l_5	n_1	n_2	n_3	n_4
65-250	470	470-250 ①	100	80	135	470	355	350	585	86	600	550	140	80	100	29	335	29	780	700	520	460	M20
65-315	470	470-315	100	80	135	470	385	375	601	70	650	590	140	80	100	29	355	13	795	715	570	510	M20
65-400	470	470-400	100	80	136	470	425	415	601	70	700	615	140	80	100	29	405	13	795	715	620	560	M20
80-200	470	470-250 ①	125	100	144	470	360	350	585	86	600	550	140	80	100	29	335	29	780	700	520	460	M20
80-250	470	470-250 ①	125	100	144	470	360	350	585	86	600	550	140	80	100	29	335	29	780	700	520	460	M20
80-315	470	470-315	125	100	144	470	390	375	601	70	650	590	140	80	100	29	355	13	795	715	570	510	M20
80-400	530	530-400	125	100	146	530	450	435	666	105	790	615	180	80	100	29	410	48	860	780	670	610	M24
100-200	470	470-250 ①	150	125	173	470	380	350	585	86	600	550	140	80	100	29	335	29	780	700	520	460	M20
100-250	470	470-250 ①	150	125	173	470	400	350	585	86	600	550	140	80	100	29	335	29	780	700	520	460	M20
100-315	470	470-315	150	125	175	470	425	420	601	70	650	590	140	80	100	29	355	13	795	715	570	510	M20
100-400	530	530-400	150	125	176	530	450	435	666	105	790	615	180	80	100	29	410	48	860	780	670	610	M24
125-250	470	470-250 ①	200	150	199	470	440	355	585	86	600	550	140	80	100	29	335	29	780	700	520	460	M20
125-315	530	530-315	200	150	201	530	440	390	666	105	710	615	180	80	100	29	370	48	860	780	595	535	M24
125-400	530	530-400	200	150	202	530	470	450	666	105	790	615	180	80	100	29	410	48	860	780	670	610	M24
150-250	530	530-315	250	200	270	530	480	400	666	105	710	615	180	80	100	29	370	48	860	780	595	535	M24
150-315	530	530-315	250	200	231	530	465	450	666	105	710	615	180	80	100	29	370	48	860	780	595	535	M24
150-400	530	530-400	250	200	229	530	500	500	666	105	710	615	180	80	100	29	410	48	860	780	670	610	M24
200-250	530	530-250	250	250	270	530	520	480	641	130	810	615	180	80	100	29	420	73	835	755	595	535	M24
200-315	585	585-400	300	250	276	585	580	480	860	146	1000	800	300	120	180	32	538	61	1150	1030	780	660	M30
250-315	585	585-400	350	300	323	585	665	600	860	146	1000	800	300	120	180	32	538	61	1150	1030	780	660	M30
250-400	585	585-400	350	300	336	585	700	600	860	146	1000	800	300	120	180	32	538	61	1150	1030	780	660	M30

Unit dimensions for Pedestal Mounting



Dimensions of feet in X direction



Dimensions in mm
Subject to alterations

Sense of rotation: clockwise seen
from driving side

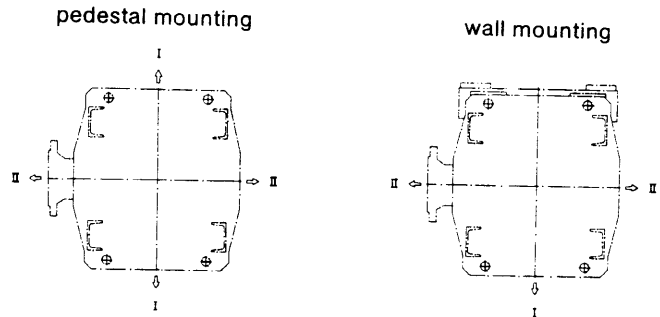
Size	bearing bracket size	pump spacer size	Unit dimensions																			
			Pump dimensions												extension dimension x	Dimensions of fastening brackets						
			DN _s	DN _d	a	f	h ₁	h ₂	l ₃	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	b		c ₁	l ₄	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	s ₁
65-250	470	470-250	80	65	100	170	470	250	585	600	476	550	480	180	80	18	296	600	540	400	330	M20
65-315	470	470-315	80	65	125	145	470	280	601	650	525	590	535	180	80	18	255	650	590	450	380	M20
80-250	470	470-250	100	80	125	170	470	280	585	600	476	550	480	180	80	18	296	600	540	400	330	M20
80-315	470	470-315	100	80	125	145	470	315	601	650	525	590	535	180	80	18	255	650	590	450	380	M20
100-250	470	470-250	125	100	140	170	470	280	585	600	476	550	480	180	80	18	296	600	540	400	330	M20
100-315	470	470-315	125	100	140	145	470	315	601	650	525	590	535	180	80	18	255	650	590	450	380	M20
125-250	470	470-250	150	125	140	170	470	355	585	600	476	550	480	180	80	18	296	600	540	400	330	M20

Flanges acc. to DIN 2533					
DN _s /DN _d	D	bf	k	g	No. of holes
65	185	20	145	18	4
80	200	22	160	18	8
100	220	24	180	18	8
125	250	26	210	18	8
150	285	26	240	22	8

Extension possibilities of the slide-in unit

Pump spacer size	Extension possibility	
	I	II
470-250		
470-315	x	x

Connections					
Filling	Leakage-drain	Venting		Pressure gauge	
		E3	autom. aspirat. E4	M1	M2
A1	D8				
G 3/8	G 3/8	G 3/8	G 1/2	G 1/4	G 3/8



Possible driving motors and allocation to pump sizes.

The motor dimensions as indicated are approximate values. Exact data depend on the motor make. In case of drive powers of over 132 kW, please inquire in any event as the motor connection dimensions are not standardized.

When using special marine motors, care must be taken that depending upon the enclosures different performances are allocated to the individual sizes. The main dimensions are changed accordingly. In case of order, binding motor dimension sheets are to be transmitted to us.

Speed	Motor size	adapted for attachment to bearing bracket	kW	a ₁	d	h ₃	l ₁	l ₂	I	Pump size													
										65-250	65-315	80-250	80-315	100-250	100-315	125-250							
1450/ 1750 1/min	100 L	470	2,2 3	250	200	140	302	60	I = a + f + x + l ₂ + l ₁														
	112 M	470	4	250	224	152	323	60															
	132 S	470	5,5	300	220	165	354	80		●													
	132 M		7,5		260	185	411																
	160 M	470	11	350	260	185	446	110		●													
	160 L		15		330	255	527																
	180 M	470	18,5	350	330	255	534	110		●													
	180 L		22							553													
	200 L	470	30	400	363	316	631	110		●													
	225 S	470	37	450	399	337	651	140															
	225 M		45							664													
	250 M	470	55	550	443	377	752	140															
2900/ 3500 1/min	100 L	470	3	250	200	140	302	60	I = a + f + x + l ₂ + l ₁														
	112 M	470	4	250	224	152	323	60															
	132 S	470	5,5	300	220	165	354	80															
			7,5																				
	160 M	470	11	350	260	185	446	110															
	160 L		15		330	255	527																
	180 M	470	18,5	350	330	255	534	110		●													
			22																				
	200 L	470	30	400	363	316	631	110		●													
			37																				
	225 M	470	45	450	399	337	664	110															
	250 M	470	55	550	443	377	752	140															
280 S	470	75	550	496	409	852	140																
280 M		90						903															
315 S	470	110	660	684	470	957	140																

Automatic aspirator A 25 A

The A 25 A is employed for the automatic venting of the pump and suction line. It operates with a pressure-dependent control system.

Owing to a pressure-controlled shut-off valve in the suction line, the device can also be used in plants in which excess pressure is temporarily incurred.

Functioning description:

By way of the vent line, suction branch Q2 of the automatic aspirator is coupled with connection E4 of the pump. The compressed air required for the venting process is supplied to the ejector at connection Q1.

To avoid any dry operation of the pump, the electric circuitry (not included in the normal scope of supplies) must be such that the pump is started only after the entire suction system has been vented.

As soon as a discharge pressure has been set up and the preset pressure limit reached, the automatic aspirator is switched off by the pressure switch. The impulse is transmitted by way of the control pressure line coupling connection A1 at the pump with connection Q4 at the pressure switch.

The discharge pressure falling below the preset pressure limit, the automatic aspirator will be switched on again.

According to the respective operating conditions, the pressure switch should be adjusted so as to switch the automatic aspirator off at approx. 80% of the lowest pump discharge pressure, switching it on again at approx. 30%.

Required control voltage 220 V, 50 Hz or 60 Hz (80% duty cycle), special voltage on request. Power consumption during starting 22 VA, during operation 15 VA, enclosure IP 54.

Materials:

Lower nozzle	Plastic
Upper nozzle:	Plastic
Inlet nozzle:	G-CuZn 16Si4
Pipes ①:	Cu

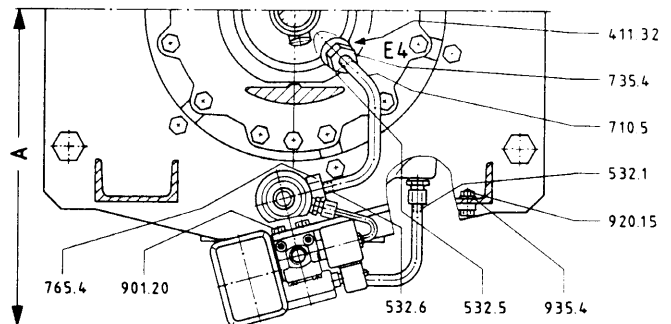
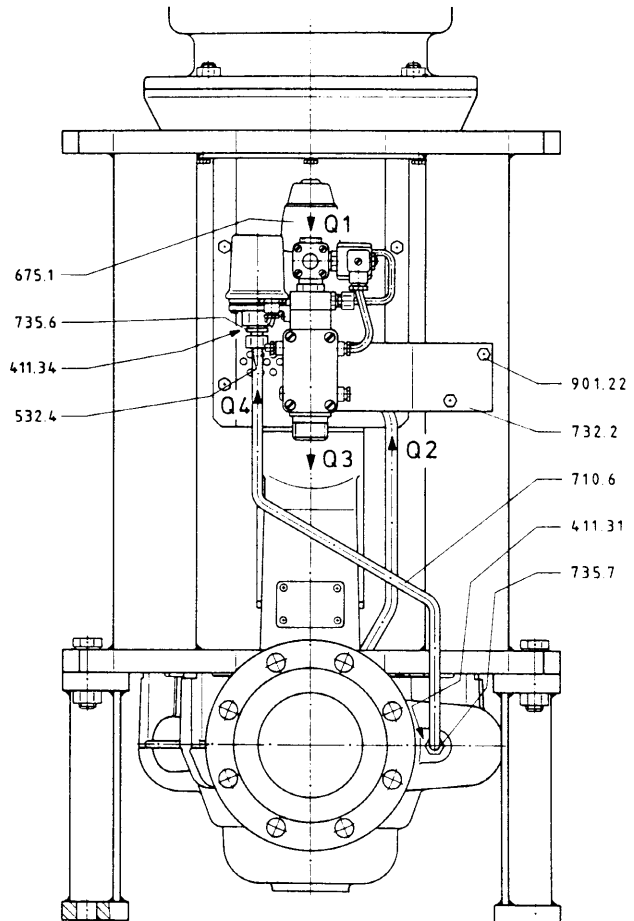
① Coming into contact with the fluid to be pumped.

Driving air required at 6 bar operating pressure $Q = 0.28 \text{ m}^3/\text{min}$. The water-air mixture is drained by way of connection Q3.

List of components for the attachment of the automatic aspirator A 25 A, Series NIM/NAM:

Denomination	Part No.
Washer	411.31
Washer	411.32
Washer	411.34
Reinforcing sleeve	532.1
Reinforcing sleeve	532.4
Reinforcing sleeve	532.5
Reinforcing sleeve	532.6
Automatic aspirator	675.1
Pipe	710.5
Pipe	710.6
Mount	732.2
Straight union	735.4
Straight union	735.6
Straight union	735.7
Threaded pipe angle	765.4
Hexagonal screw	901.20
Hexagonal screw	901.22
Hexagonal nut	920.15
Locking plate	935.4

Pump spacer size	Size A
470-250	400
470-315	430
470-400	470
530-250	435
530-315	435
530-400	475
585-400	505



Series NIM with automatic aspirator A25 A

Subject to technical alterations.



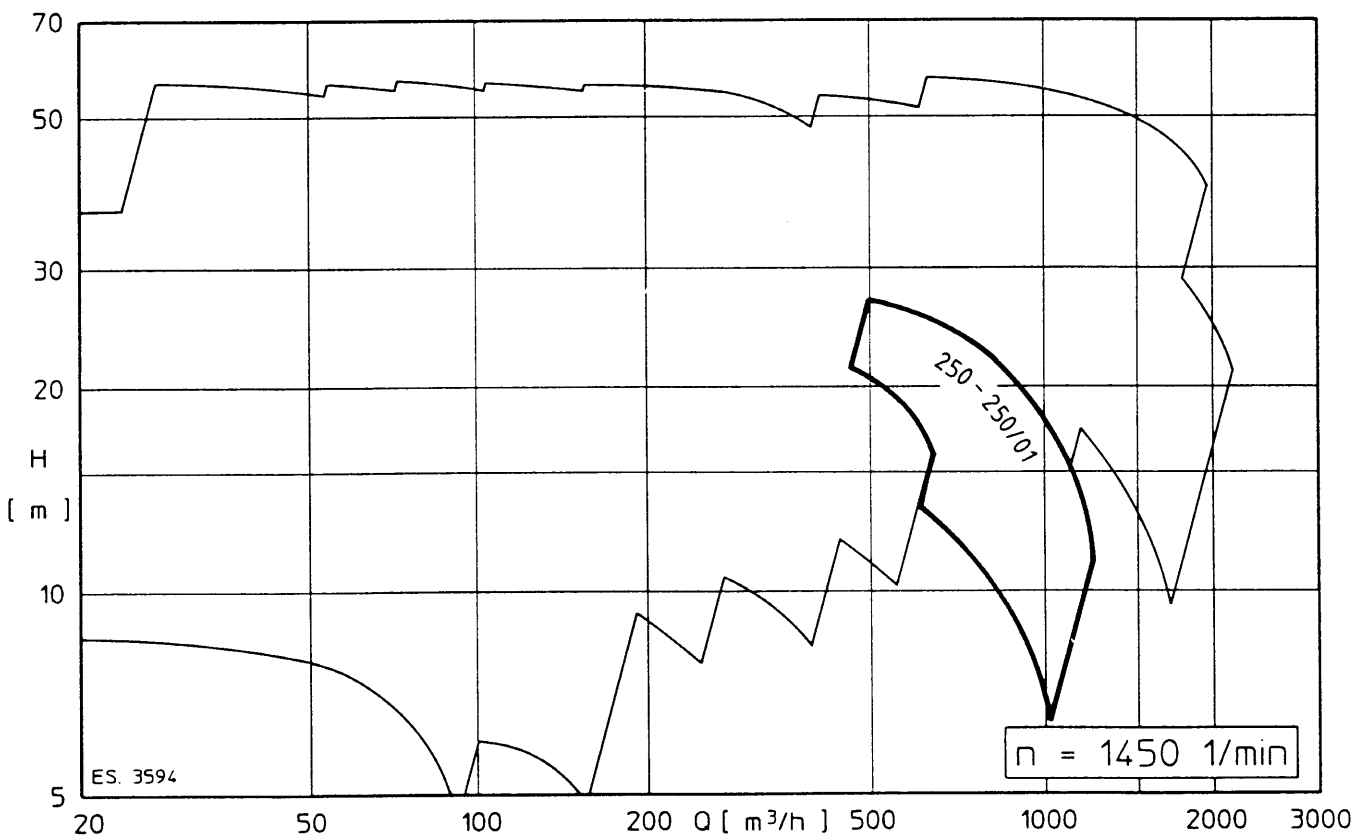
ALLWEILER AG
Werk Radolfzell
 Postfach 1140
 D-78301 Radolfzell
 Allweilerstraße 1
 D-78315 Radolfzell
 Germany
 Phone (07732) 860
 Fax (07732) 86436
 Telex 793437
 E-mail: service@allweiler.de
 Internet: http://www.allweiler.de

The stated performance data are to be understood only as an outline of performance of our products. For exact limits of application please refer to the quotation and acceptance of order.

Baureihen-Erweiterung
Extension of ranges

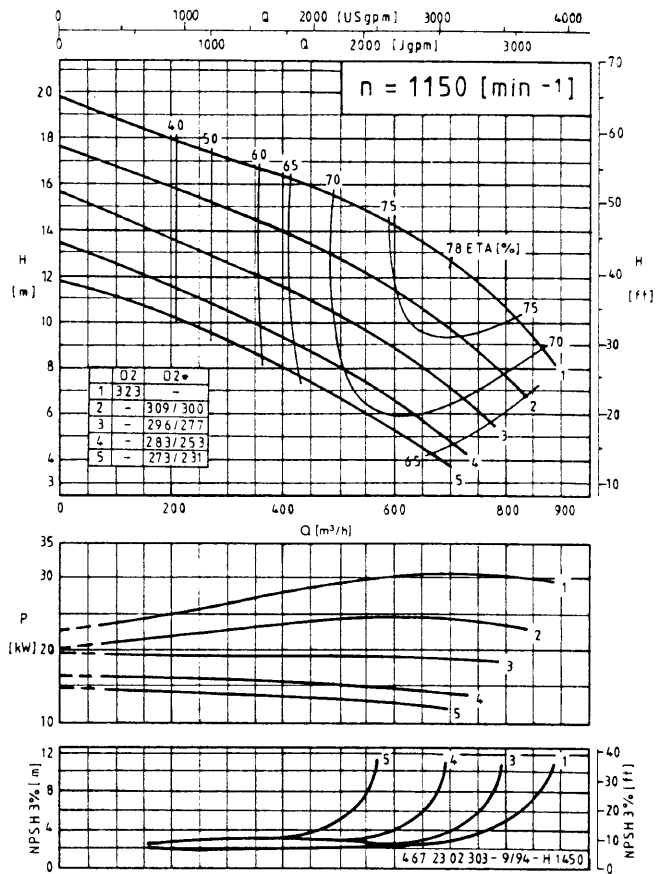
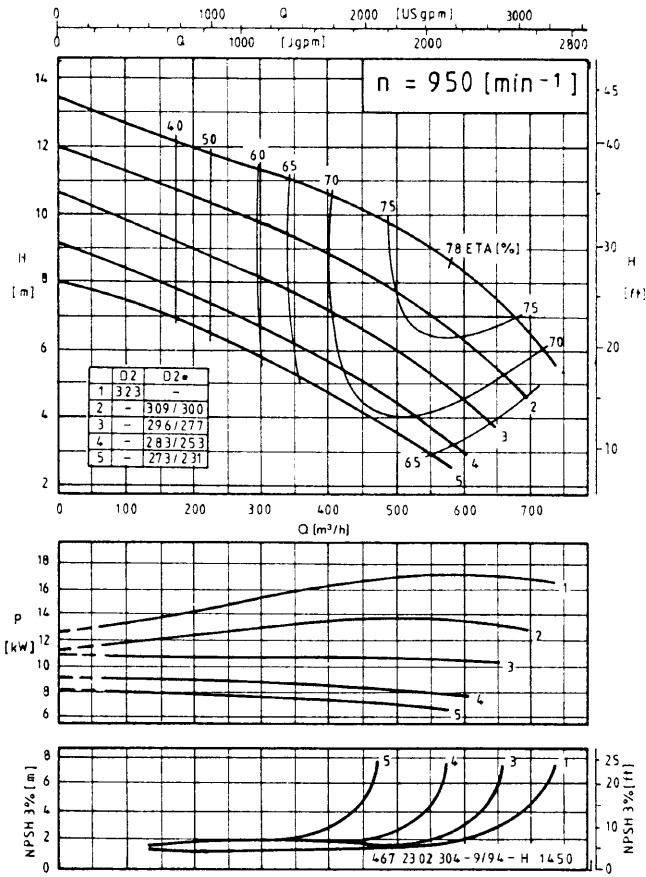
NIM 250 – 250/01

Ergänzende technische Daten sind der Broschüre VM 634 zu entnehmen.
 Complementary technical data see brochure VM 634.



Erweitertes Kennfeld der Baureihe NIM

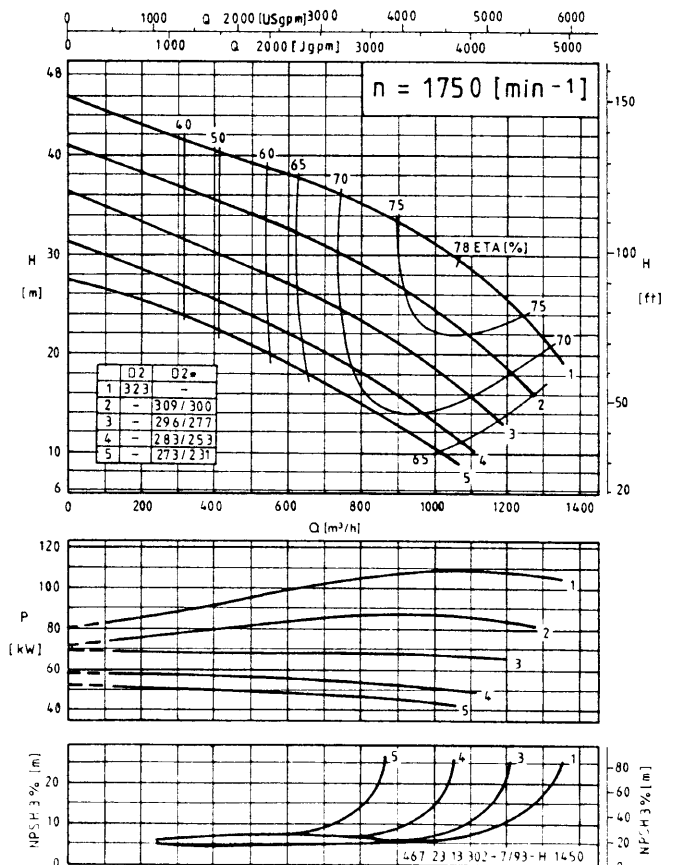
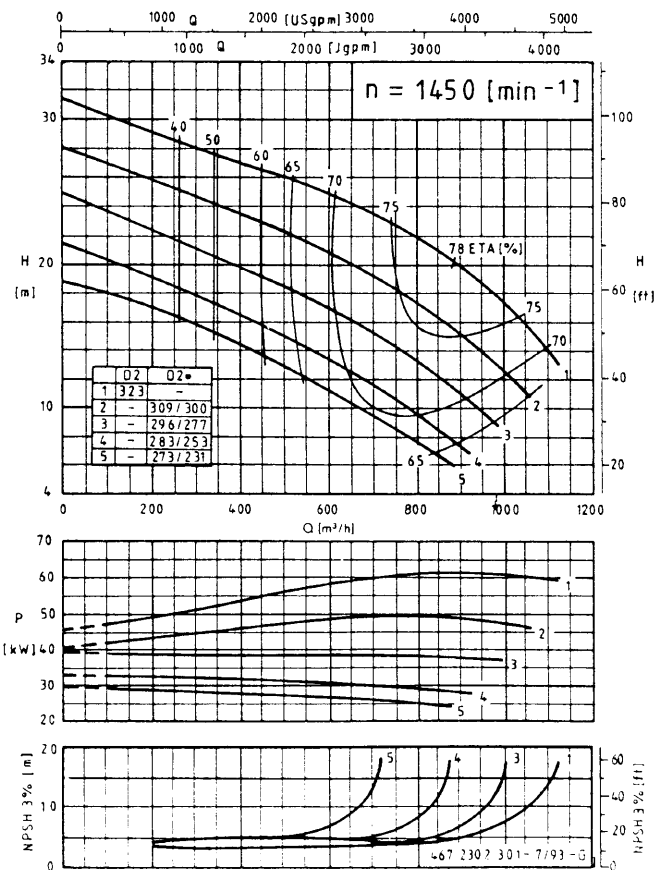
Extended range chart of NIM



Gemessene und gerechnete Kennlinien/Measured and calculated curves

Gültig für/Valid for $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ und/and $\nu = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$

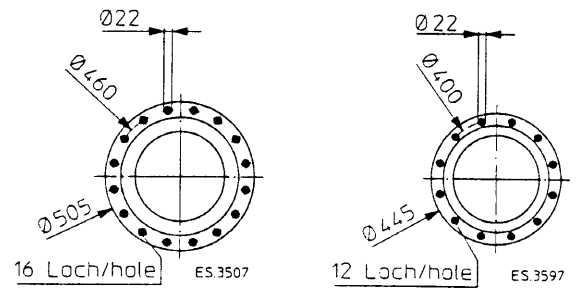
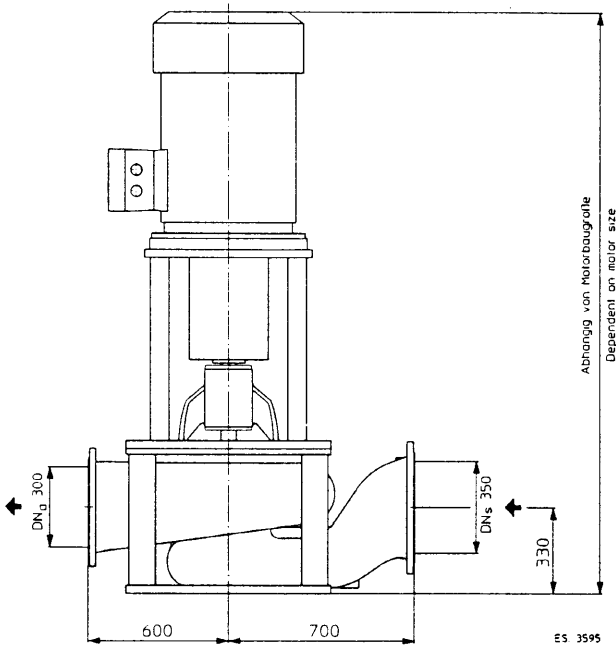
Garantie/Guarantee: DIN 1944/III



Hauptabmessungen/Main dimensions

Drehrichtung: Von oben gesehen im Uhrzeigersinn
Sense of rotation: Clockwise, viewed from top

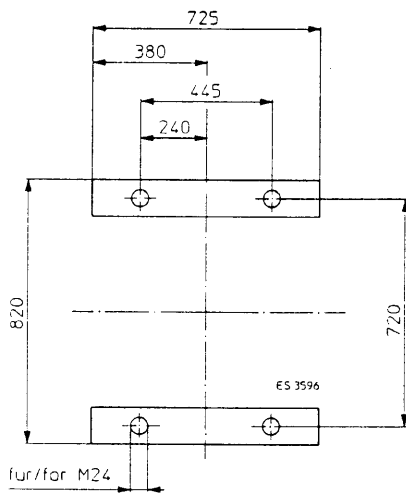
Maße in mm unverbindlich.
Dimensions in mm without obligation.



Saugstutzen
Suction branch

Druckstutzen
Delivery branch

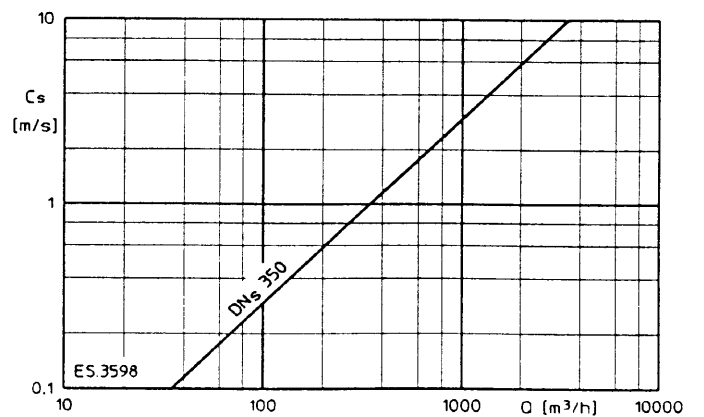
PN 10 DIN 2532



Blick von unten
View from below

Bauteil Part	Werkstoff-Ausführung			Material class		
	W1	W2	W3	W84	W105	W104
Spiralgehäuse Volute casing	GG-25	G-CuAl 10 Ni	1.4408	Monel	SIMSITE SMS-300	
Gehäusedeckel Casing cover						
Gehäuse für Wellendichtung Shaft seal housing						
Laufrad Impeller	GG-20	G-CuAl 10 Ni	1.4408	Monel	SIMSITE SMS-300	
Welle Shaft	1.4021		1.4401			

Werkstoff-Ausführungen
Material classes



Saugseitige Strömungsgeschwindigkeit
Flow velocity, suction side

Konstruktion

Unter Beibehaltung des seit vielen Jahren für die verschiedensten Einsatzzwecke weltweit im harten Bordbetrieb bewährten NIM-Konstruktionsprinzips weist die neue Baugröße einige Besonderheiten auf, die nachfolgend näher erläutert werden.

Wellendichtung

Gehäusedeckel und Gehäuse für Wellendichtung sind getrennte Bauteile. Somit ist es möglich, ohne jegliche mechanische Nacharbeit an Gehäusedeckel oder Welle und mit geringsten Kosten eine Pumpe mit Packungsstoppbuchse auf Gleitringdichtung umzurüsten oder umgekehrt.

Die Abdichtung zwischen Gehäusedeckel und Gehäuse für Wellendichtung erfolgt mittels O-Ring.

Abdichtung zwischen Gehäusedeckel und Spiralgehäuse

Diese Abdichtung erfolgt ebenfalls mit einem O-Ring. Die Montage der Einschubeinheit wird dadurch sehr vereinfacht, was zur Erhöhung der Wartungsfreundlichkeit beiträgt.

Lauftrad

Das serienmäßige Gußeisen- oder Bronze-Lauftrad kann ohne jegliche mechanische Nacharbeit an Spiralgehäuse oder Welle ausgetauscht werden gegen ein solches aus SIMSITE, einem Werkstoff, der eine sehr gute Beständigkeit gegen See- und Brackwasser aufweist.

Nennweiten

Die Saug- und Druckstutzen-Nennweiten sind für kleine Strömungsgeschwindigkeiten ausgelegt, um die Rohrleitungsverluste, insbesondere saugseitig, möglichst niedrig zu halten.

Die Stutzen-Nennweiten betragen saugseitig DN 350 und druckseitig DN 300.

Werkstoffe

Die neue Baugröße kann in den gleichen Werkstoff-Ausführungen geliefert werden wie die bereits vorhandenen. Sie haben sich seit Jahren sehr gut bewährt.

Design Features

Without to change the design principle, which is proven for many years and thousands of pumps, the new size has some special design features which are of big advantage for the customer and which are shortly described as follows.

Shaft seal

Casing cover and shaft seal housing are with regard to economical reasons separate parts. This allows in a very easy way and without any mechanical touch up the change from stuffing box to mechanical seal or reverse.

The stationary seal between casing cover and shaft seal housing is made by means of O-ring.

Seal between casing cover and volute casing

This stationary seal is also made by means of an O-ring. So the assembling of the pull-out unit is very easy, which increase the maintenance facilities.

Impeller

The impeller, normally in cast iron or bronze, can be also delivered from SIMSITE-material, which is especially resistant against sea and brackish water.

Branch diameters

The suction as well as the delivery branches are designed for low flow velocities for to make sure to get small pipe friction losses.

The branch diameters are DN 350 on the suction side and DN 300 on the discharge side.

Material

The new pump size is available in the same materials like the existing ones, which are proven for years.

Technische Änderungen bleiben vorbehalten. / Subject to technical alterations.

ALLWEILER AG 

Werk Radolfzell

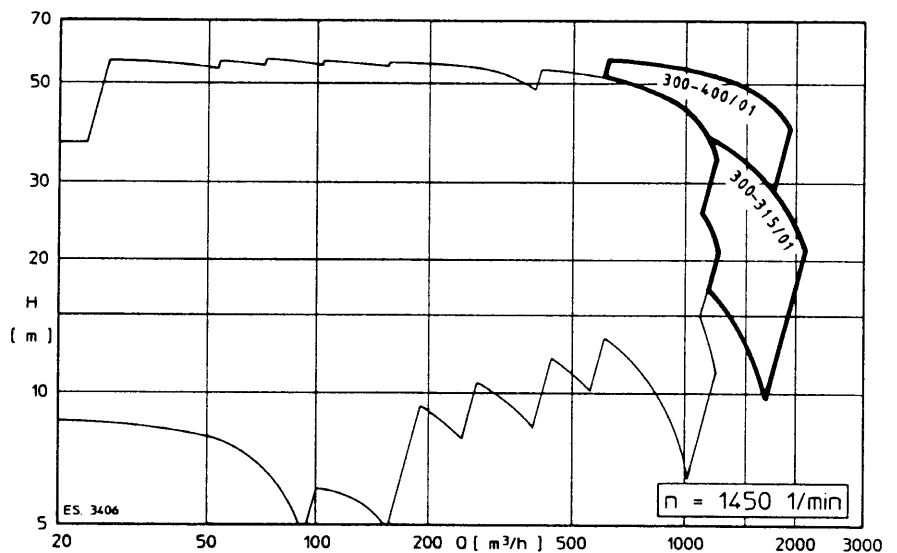
Postfach 1140
D-78301 Radolfzell
Allweilerstraße 1
D-78315 Radolfzell
Germany
Telefon / Phone (07732) 860
Fax (07732) 86436
Telex 793437
Telegramm / Cable
pumpenfabrik radolfzell

Baureihen-Erweiterung
Extension of ranges

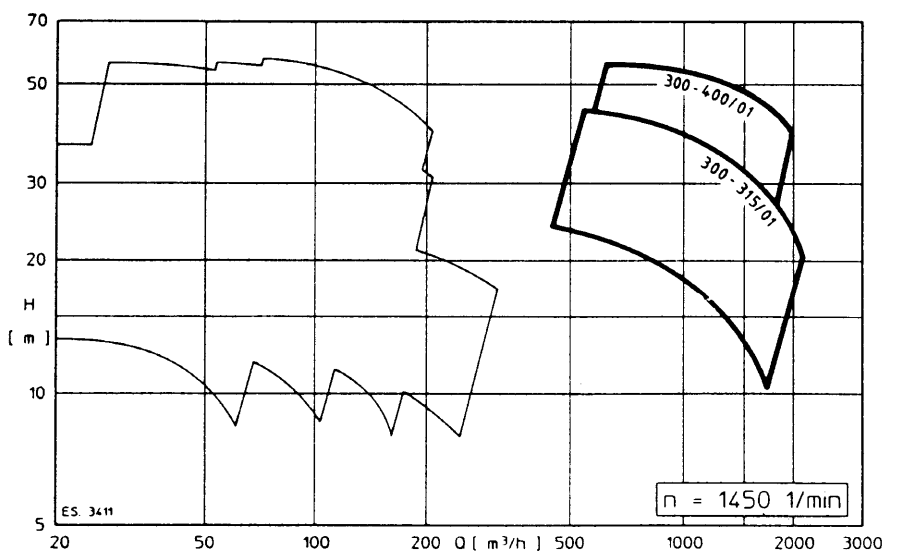
NIM / NAM 300-315/01
NIM / NAM 300-400/01

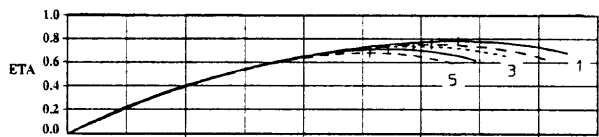
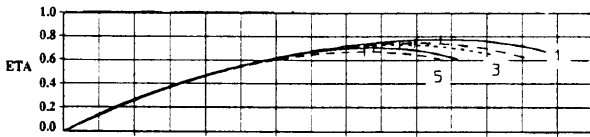
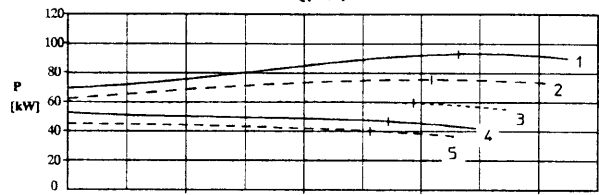
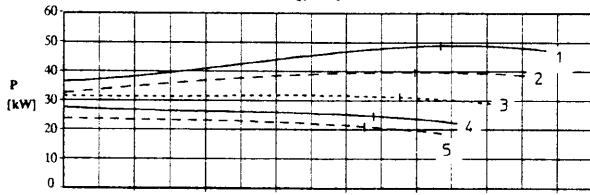
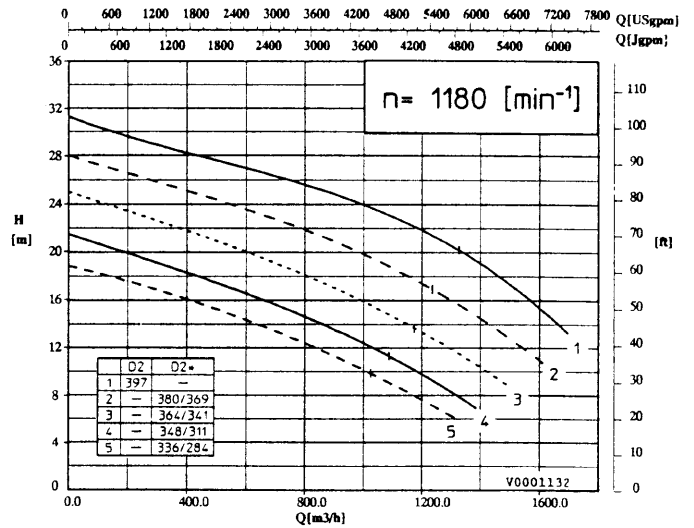
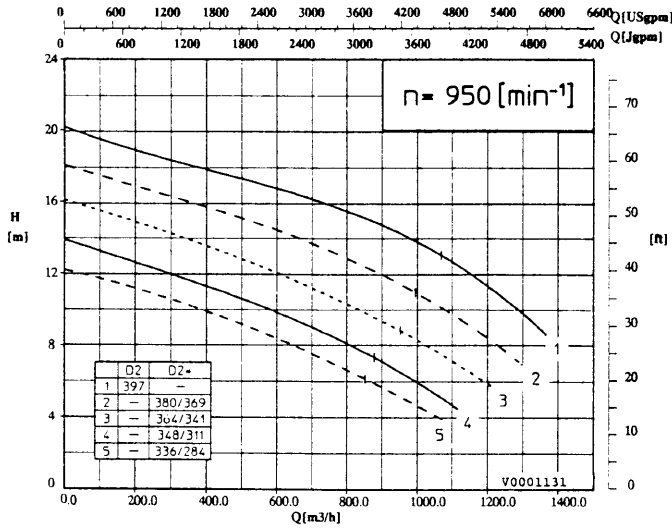
Ergänzende technische Daten sind der Broschüre VM 634 zu entnehmen.
 Complementary technical data see brochure VM 634.

Erweitertes Kennfeld
 der Baureihe NIM
 Extended range chart
 of NIM



Erweitertes Kennfeld
 der Baureihe NAM
 Extended range chart
 of NAM

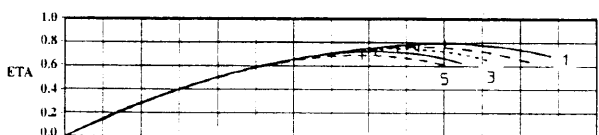
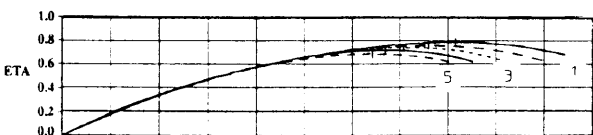
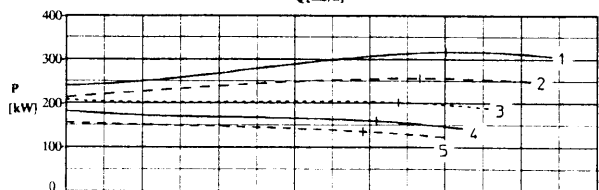
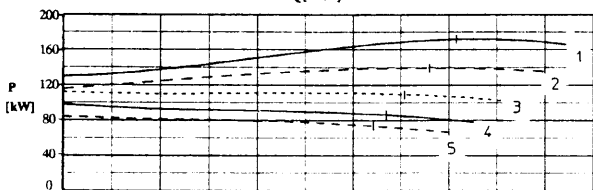
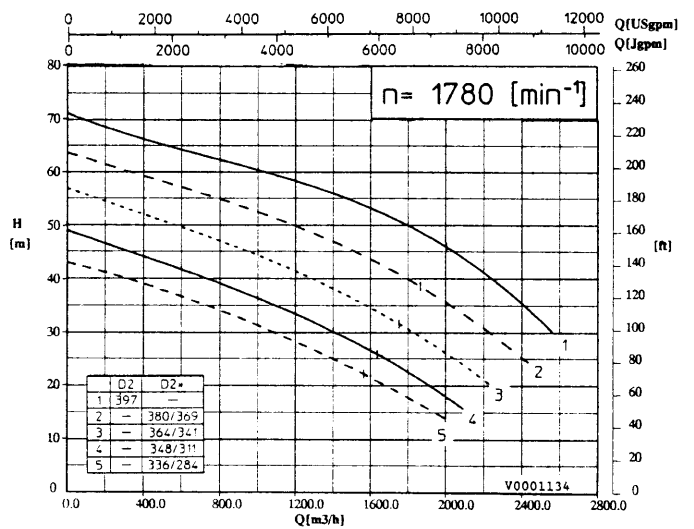
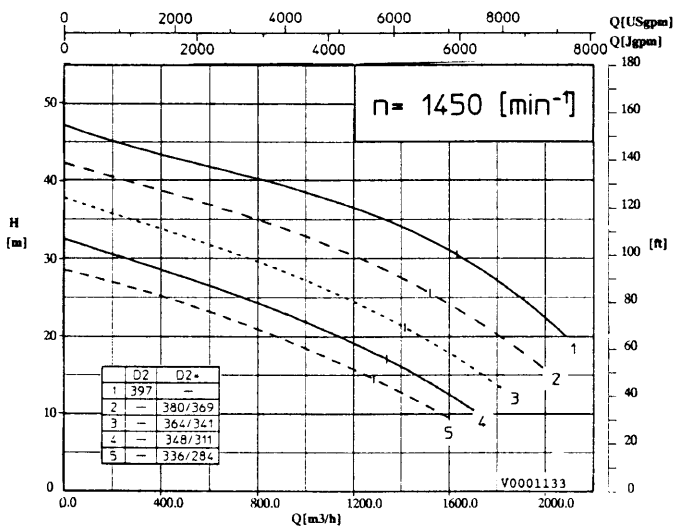


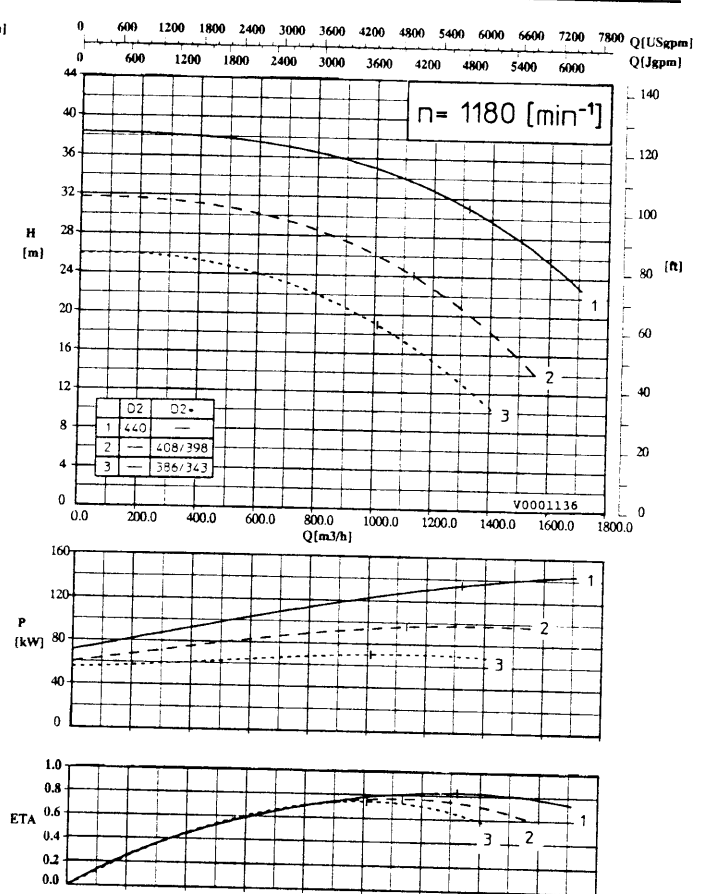
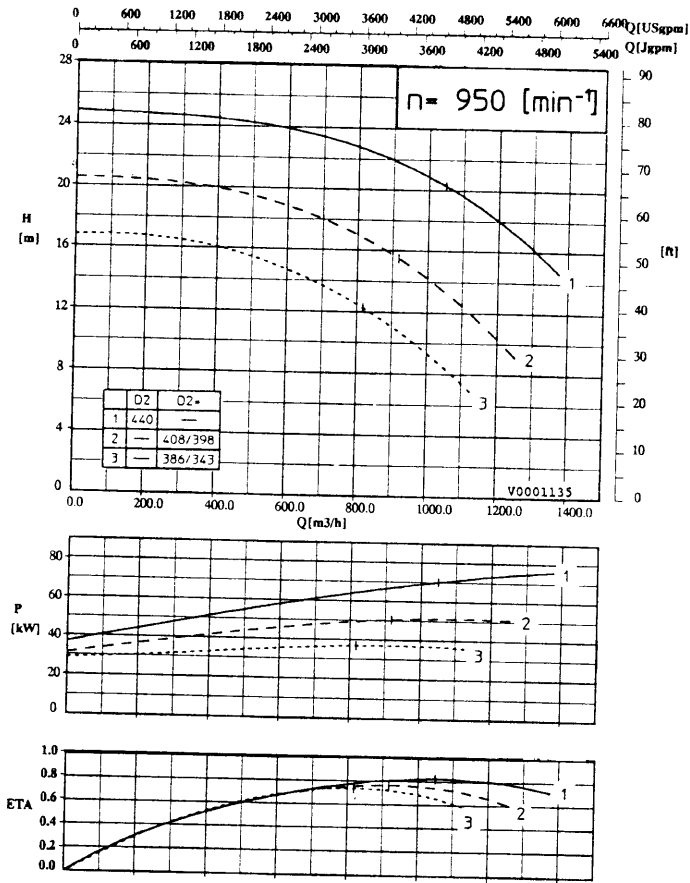


Gerechnete Kennlinien/Calculated curves

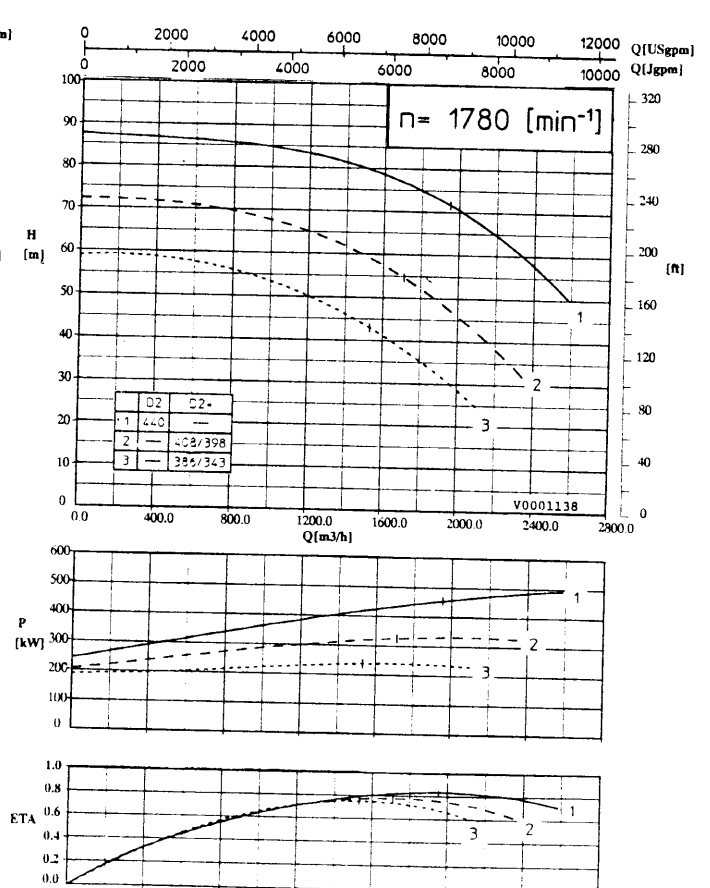
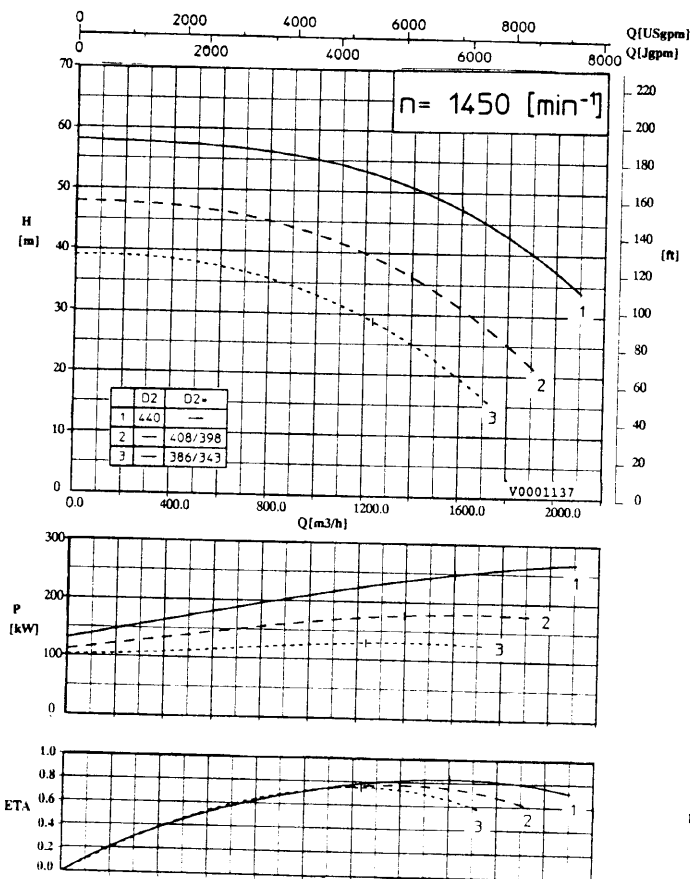
Gültig für/Valid for $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ und/and $\nu = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$

Garantie/Guarantee: DIN 1944/III





Gerechnete Kennlinien/Calculated curves
 Gültig für/Valid for $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ und/and $\nu = 1 \text{ mm}^2/\text{s}$
 Garantie/Guarantee: DIN 1944/III



Konstruktion

Unter Beibehaltung des seit vielen Jahren für die verschiedensten Einsatzzwecke weltweit im harten Bordbetrieb bewährten NIM-Konstruktionsprinzips weisen die beiden neuen Baugrößen einige Besonderheiten auf, die nachfolgend näher erläutert werden.

Sauggehäuse

Sauggehäuse und Spiralgehäuse sind getrennte Bauteile. Damit ist neben der normalen Inline-Anordnung auch die Möglichkeit gegeben, das Sauggehäuse in Winkeln von 90° links oder rechts vom Druckstutzen anzuordnen.

Dies bietet die Möglichkeit, diese großen Pumpen so aufstellen zu können, daß eine gute Anpassung an die räumlichen Verhältnisse im Maschinenraum gegeben ist. Fallweise kann dies sogar eine günstigere Rohrleitungsführung nach sich ziehen.

Die Abdichtung zwischen Sauggehäuse und Spiralgehäuse erfolgt mittels O-Ring.

Wellendichtung

Gehäusedeckel und Gehäuse für Wellendichtung sind ebenfalls getrennte Bauteile. Somit ist es möglich, ohne jegliche mechanische Nacharbeit an Gehäusedeckel oder Welle und mit geringsten Kosten eine Pumpe mit Packungsstoppbuchse auf Gleitringdichtung umzurüsten oder umgekehrt.

Die Abdichtung zwischen Gehäusedeckel und Gehäuse für Wellendichtung erfolgt mittels O-Ring.

Abdichtung zwischen Gehäusedeckel und Spiralgehäuse

Diese Abdichtung erfolgt ebenfalls mit einem O-Ring. Die Montage der Einschubeinheit wird dadurch sehr vereinfacht, was zur Erhöhung der Wartungsfreundlichkeit beiträgt.

Lauftrad

Das serienmäßige Gußeisen- oder Bronze-Lauftrad kann ohne jegliche mechanische Nacharbeit an Spiralgehäuse oder Welle ausgetauscht werden gegen ein solches aus SIMSITE, einem Werkstoff, der eine sehr gute Beständigkeit gegen See- und Brackwasser aufweist.

Axialer Eintritt

Durch die Trennung von Spiralgehäuse und Sauggehäuse ist es ohne mechanische Nacharbeit am Spiralgehäuse möglich, das Sauggehäuse gegen einen Saugdeckel auszutauschen.

Damit ergibt sich als Folge davon auch die Erweiterung der ALLWEILER-Schiffskreiselpumpenbaureihe NAM, die dann insgesamt 12 Baugrößen umfaßt.

Nennweiten

Die Saug- und Druckstutzen-Nennweiten sind für kleine Strömungsgeschwindigkeiten ausgelegt, um die Rohrleitungsverluste, insbesondere saugseitig, möglichst niedrig zu halten.

Die Stutzen-Nennweiten betragen saugseitig DN 400 und druckseitig DN 350.

Werkstoffe

Die beiden neuen Baugrößen können in den gleichen Werkstoff-Ausführungen geliefert werden wie die bereits vorhandenen. Sie haben sich seit Jahren sehr gut bewährt.

Design Features

Without to change the design principle, which is proven for many years and thousands of pumps, the two new sizes have some special design features which are of big advantage for the customer and which are shortly described as follows.

Suction casing

Suction casing and volute casing are separate parts, stationary sealed by means of an O-ring. This allows not only the normal inline execution, but offers also the possibility to turn the suction casing by an angle of 90° to the right or left hand side of the volute casing: a big advantage regarding the setting up of these pumps, e.g. in the corners of the machine room. Partially this allows even a better arrangement of the piping.

Shaft seal

Casing cover and shaft seal housing are with regard to economical reasons separate parts. This allows in a very easy way and without any mechanical touch up the change from stuffing box to mechanical seal or reverse.

The stationary seal between casing cover and shaft seal housing is made by means of O-ring.

Seal between casing cover and volute casing

This stationary seal is also made by means of an O-ring. So the assembling of the pull-out unit is very easy, which increase the maintenance facilities.

Impeller

The impeller, normally in cast iron or bronze, can be also delivered from SIMSITE-material, which is especially resistant against sea and brackish water.

Axial inlet

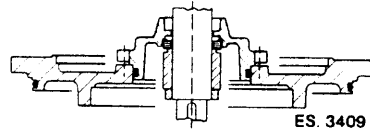
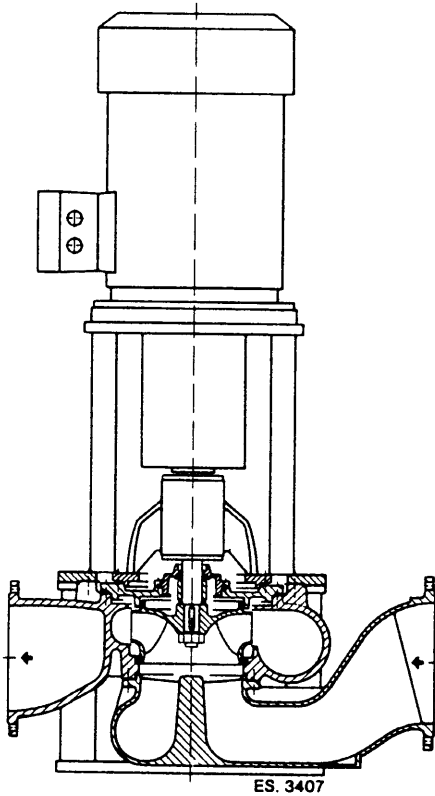
As a result of the separation of suction casing and volute casing it is possible to change the suction casing against a suction cover without any mechanical touch up of the volute casing. So this design feature leads also to an extension of the NAM pump range, which covers now altogether 12 sizes.

Branch diameters

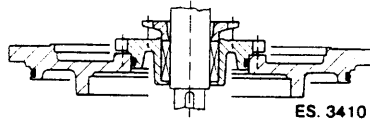
The suction as well as the delivery branches are designed for low flow velocities for to make sure to get small pipe friction losses.

Material

The new pump sizes are available in the same materials like the existing ones, which are proven for years.



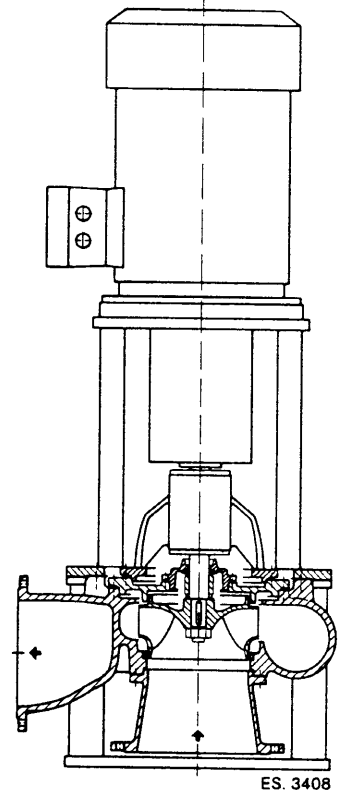
Gleitringdichtung
Mechanical seal



Packungsstopfbuchse
Stuffing box

Gehäusedeckel mit getrenntem
Gehäuse für Wellendichtung

Casing cover with separated
shaft seal housing



ES. 3408

Schnittzeichnung
Section drawing

NIM

Schnittzeichnung
Section drawing

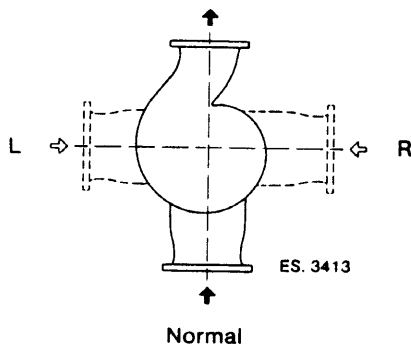
NAM

Bau- reihe Range	Bau- größe Size	Bauteil Part						
		Spiral- gehäuse Volute casing	Lauf- rad Im- peller	Saug- gehäuse Suction casing	Saug- deckel Suction cover	Gehäuse- deckel Casing cover	Gehäuse für Wellendichtung Shaft seal housing	
NIM	300-315/01	1	1	1	-	1	1	1
NAM				-	1			
NIM	300-400/01	2	2	1	-	1	2	2
NAM				-	1			

Kombination der Haupt-Bauteile
Combination of the main parts

Bauteil Part	Werkstoff-Ausführung Material class					
	W1	W2	W3	W84	W105	W104
Spiralgehäuse Volute casing	GG-25			G-CuAl 10 Ni		
Sauggehäuse Suction casing						
Saugdeckel Suction cover						
Gehäusedeckel Casing cover						
Gehäuse für Wellendichtung Shaft seal housing						
Lauf- rad Impeller	GG-20	G-CuAl 10 Ni	1.4408	Monel	SIMSITE SMS-300	
Welle Shaft	1.4021		1.4401			

Werkstoff-Ausführungen
Material classes

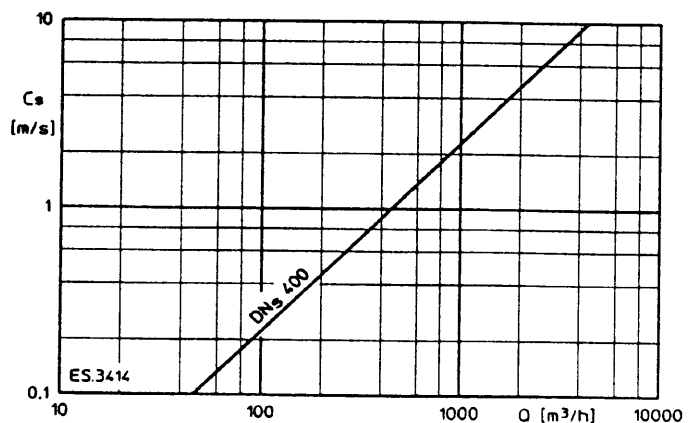


ES. 3413

Normal

Mögliche Saugstutzenstellungen (Draufsicht), vereinfachte Darstellung

Possible suction branch positions. (view from top), simplified representation

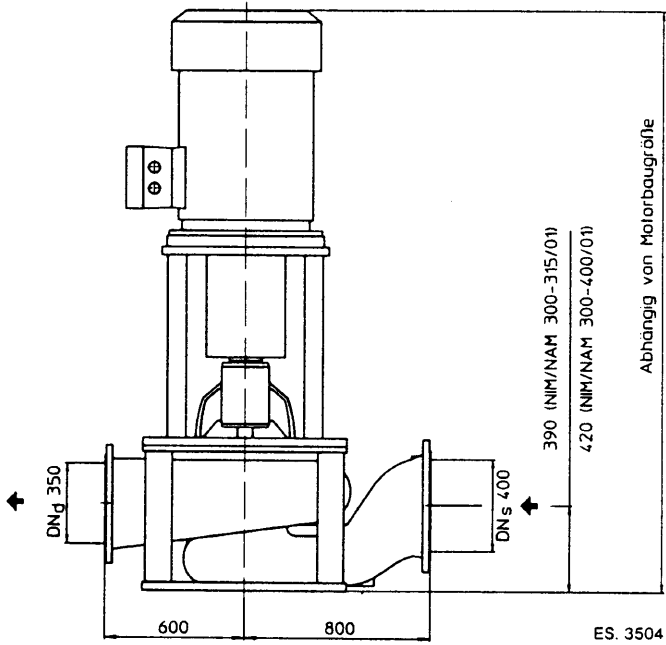


Saugseitige Strömungsgeschwindigkeit
Flow velocity, suction side

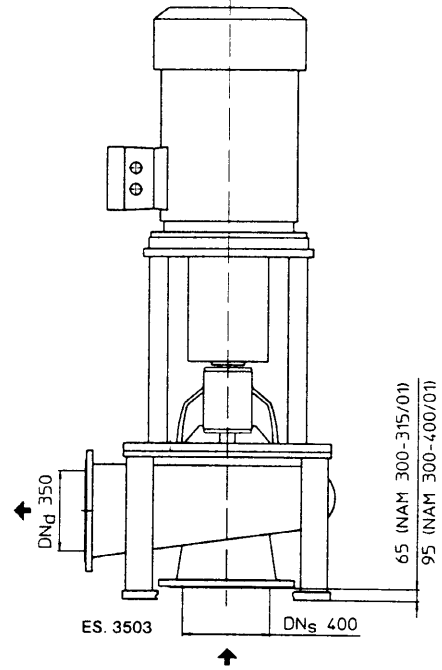
Hauptabmessungen/Main dimensions

Drehrichtung: Von oben gesehen im Uhrzeigersinn
Sense of rotation: Clockwise, viewed from top

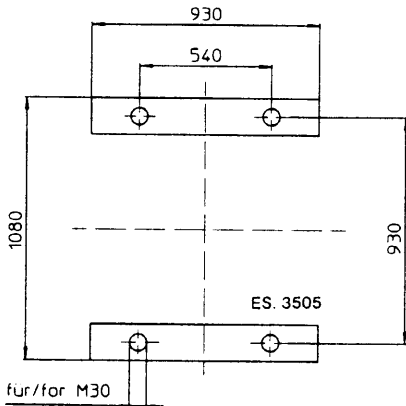
Maße in mm unverbindlich.
Dimensions in mm without obligation.



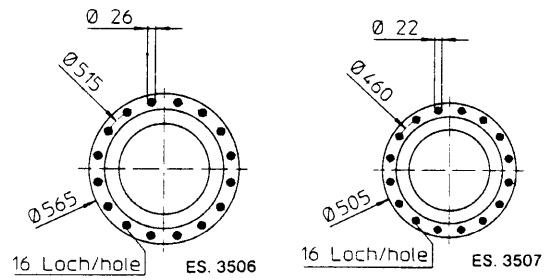
NIM



NAM



Blick von unten
View from below



Saugstutzen
Suction branch

Druckstutzen
Delivery branch

PN 10 DIN 2532

Technische Änderungen bleiben vorbehalten. / Subject to technical alterations.

ALLWEILER AG

Werk Radolfzell



Postfach 1140
D-78301 Radolfzell
Allweilerstraße 1
D-78315 Radolfzell
Germany
Telefon / Phone (07732) 860
Fax (07732) 864 36
Telex 793437
Telegramm / Cable
pumpenfabrik radolfzell

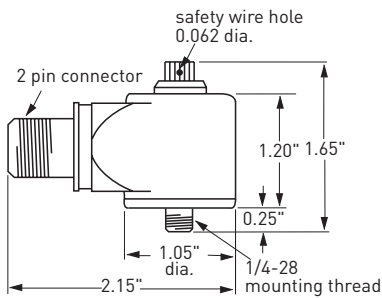


Wilcoxon Research model 797 Premium, PiezoFET®, low profile IsoRing accelerometer



Features

- Rugged design
- Corrosion resistant
- Hermetic seal
- Ground isolated
- ESD protection
- Reverse wiring protection
- Mounting in any orientation



Dynamic

Sensitivity, ± 5%, 25° C.....	100 mV/g
Acceleration range, VDC >25V	80 g peak
Amplitude nonlinearity.....	1%
Frequency response:	
± 5%.....	3 - 5,000 Hz
± 10%.....	2 - 7,000 Hz
± 3 dB	1 - 12,000 Hz
Resonance frequency.....	26 kHz
Transverse sensitivity, max.....	5% of axial
Temperature response:	
-50° C.....	-15%
+120° C.....	+15%

Electrical

Power requirement:	
Voltage source	18 - 30 VDC
Current regulating diode	2 - 10 mA
Electrical noise, equiv. g:	
Broadband 2.5 Hz to 25 kHz	600 µg
Spectral 10 Hz	8 µg/√Hz
100 Hz	5 µg/√Hz
1000 Hz	5 µg/√Hz
Output impedance, max	100 Ω
Bias output voltage	12 VDC
Grounding.....	case isolated, internally shielded

Environmental

Temperature range	-50 to 120° C
Vibration limit.....	500 g peak
Shock limit	5,000 g peak
Sealing.....	hermetic
Base strain sensitivity.....	0.002 g/µstrain

Physical

Sensing element design.....	PZT / shear
Weight.....	138 g
Case material.....	316L stainless steel
Mounting	1/4-28 captive socket head screw
Output connector	2 pin, MIL-C-5015 style
Mating connector	R6 type
Recommended cable.....	J10 / J9T2A

Connections

Function	Connector pin
ground	shell
power/ signal	A
common	B

Accessories supplied: #12105-01 captive socket head (metric stud available upon request); calibration data (level 3)

Options: Intrinsic safety certifications (consult factory)

Meggitt Sensing Systems
20511 Seneca Meadows Parkway
Germantown MD 20876
USA

Tel: 301 330 8811

Fax: 301 330 8873

Email: wilcoxon@meggitt.com

www.wilcoxon.com

www.meggitt.com



smart engineering for
extreme environments

98244 Rev.D.2 2/12

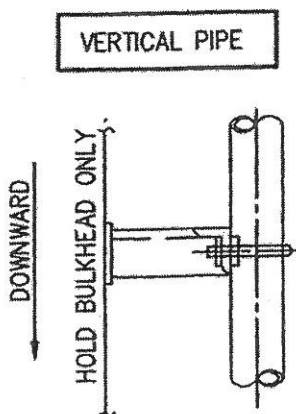
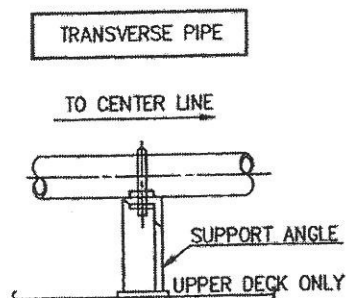
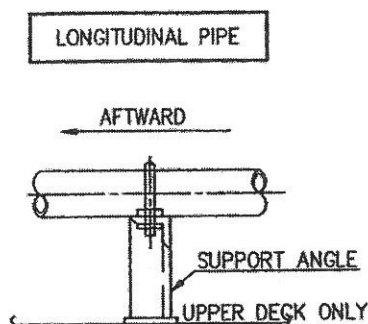




C.- PIPE SUPPORT

1. - General Comments:

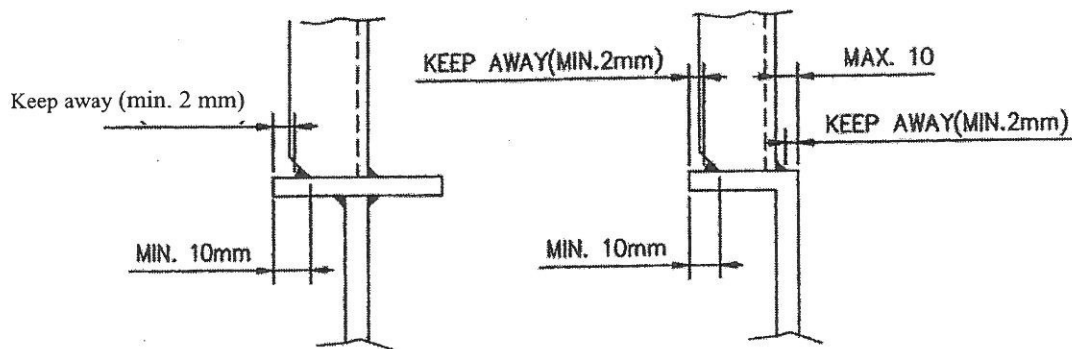
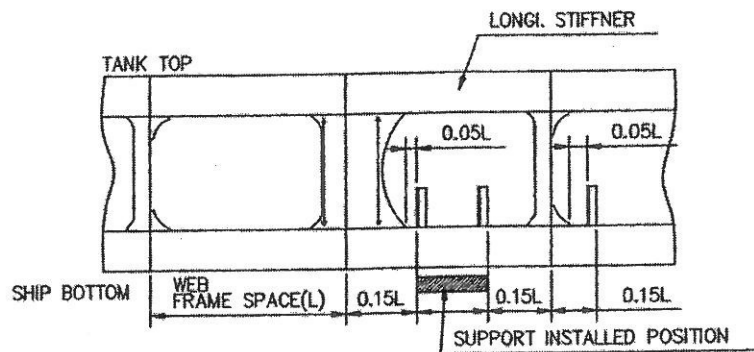
- The pipe support fillet welding leg is to be $0,7T$ but, not exceed 8mm. (T = thickness of pipe support angle).
- Face direction of pipe support angles is to be fitted in practice, as shown on the following drawings, in principle



2.- Support Position on Stiffener Flanges

The pipe support is welded and positioned on the stiffener flange according to:

- Pipe support welding is kept away from the edge of the flange.
- Pipe supports shall be kept 10-15% of web frame space(L) away from floors and 5% of web frame space(L) away from any other Structural members (e.g. Bracket toes, edge of floor stiffeners, etc).



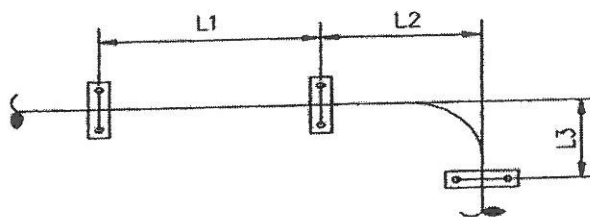
3. - Spacing of Pipe support

Maximum acceptable clamp spacing normally vary from 1 to 2 m for small diameters and from 2,5 to 4 m for larges diameters.

Pipe support should always be fitted maximum 500 mm from expansion bellows and be in line with longitudinal or girder. Inside cargo tanks and ballast tanks should be specially strengthened to take transverse sloshing forces in tanks partially filled.

Pipes of smaller diameters should be located together.

Higher flow speed will therefore require stronger anchoring and shorter distances between clamps.






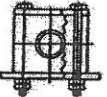


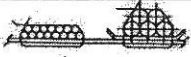
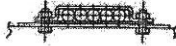
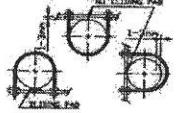
Pipe & Tube		Pipe Hanger Max. Distance (m)
N.D.(A)	O.D. (mm)	L1(m)
	8-12	0.9
	15 - 22	1
15	21.7	1.2
20	27.7	1.2
25	34	1.2
32	42.7	1.5
40	48.6	1.5
50	60.5	2
65	76.3	2
80	89.1	2.5
100	114.3	2.5
125	139.8	3
150	165.2	3.5
200	216.3	4
250	267.4	4.5
300	318.5	4.5
350	355.6	5
400	406.4	5.5
450	457.2	5.5
500 and above	508	6

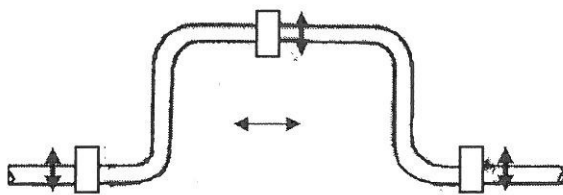
L2, L3 : For positioning the pipe support, special consideration shall be taken to prevent the bending part from the vibrations.

Spacing: Distance between clamps. It is important to be in mind that the table above is used normally for flow velocity not exceed of 4 m/s, if the speed increase will therefore require stronger anchoring and shorter distance between clamping.

4.- Fasteners

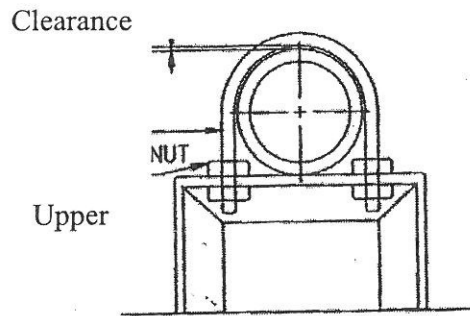
Fastener Table

TYPE AND SKETCH		APPLICATION	
		SIZE	AREA
"U" Bolt & Nut		- Hull Pipe of ND 100 and above -Heating coil (double nut)	Generally Used for Ferrous Pipes
		-Hull pipe of ND 80 and Belo (single nut) -All ferrous pipe in Engine room	
		Expansion loop area (ND15 - ND 25)	
		- Longitudinal direction main pipe (ND40 and below) -Hydraulic Pipe ND50 and Below	
Single Band		ND 65 and Above	Generally used for NON-Ferrous Pipes
		ND 50 and Below	
Bending tape & band buckle		18 Ø and below tube	Generally used Except in Tank Area
Tube band		18 Ø and below tube	Generally used in Tank Area
"U" bolt & Nut for Sliding Pad		ND 80 and above	Sliding pads of Phenolic resin shall be inserted for the longitudinal pipes as follows. Ballast/Bilge main pipe duct; - Steam main pipe of ND125 & above - HFO over flow pipes & fire main pipes in passage way.



When using expansion connection, fasteners must be permitted lateral and axial movement

5.- Dimension of Support Leg



1.- NO UPPER NUT to be used for nominal pipe ia, 80A & Below pipe except heating coil and longitudinal direction main pipe (15A -80A).

2) Clearance : 0.1 – 3.0 mm; where movement is considered

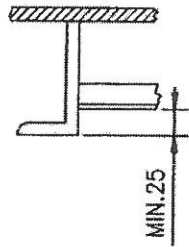
General dimension of pipe band to be recommended do it as follow:

Pipe N.D.	Pipe Out Dia.	Nut of U-bolt	Support Angle	Support Pipe
15	21.7	M10	50X50X6	34.0 X 3.4T
20	27.2	M10	50X50X6	"
25	34	M10	50X50X6	"
32	42.7	M10	50X50X6	"
40	48.6	M10	50X50X6	"
50	60.5	M10	50X50X6	48.6 X4.05T(40A)
65	76.3	M12	50X50X6	"
80	89.1	M12	65X65X6	"
100	114.3	M16	65X65X6	60.5 X5.2T(65A)
125	139.8	M16	65X65X6	"
150	165.2	M16	75X75X6	"
200	216.3	M20	75X75X6	76.3 X5.2T(65A)
250	267.4	M20	75X75X6	"
300	318.5	M24	100X100X10	114.3 X6.0T(100A)
350	355.6	M24	100X100X10	"
400	406.4	M24	100X100X10	"
450	457.2	M30	100X100X13	"
500	508	M30	100X100X13	"
550	558.8	M30	100X100X13	"
600	609.6	M30	130X130X12	139.8 X6.6T(125A)
650	660.4	M36	130X130X12	"
700	711.2	M36	130X130X12	"
750	762	M36	130X130X15	165.2 X7.1T(150A)

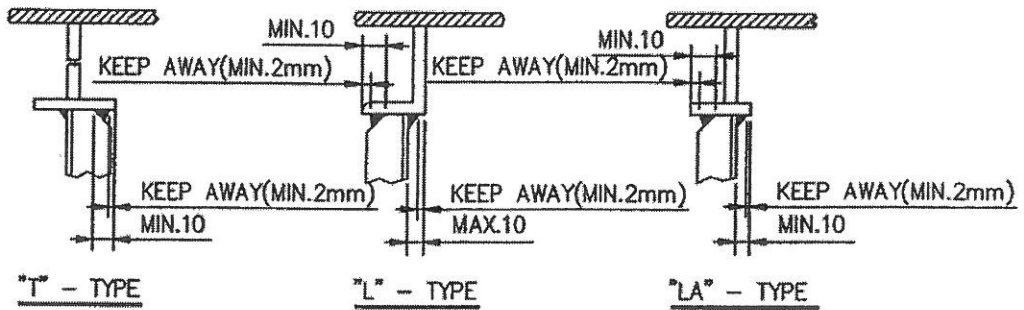
6. - Support Fitting Details:

a) Mild Steel (A-Grade)

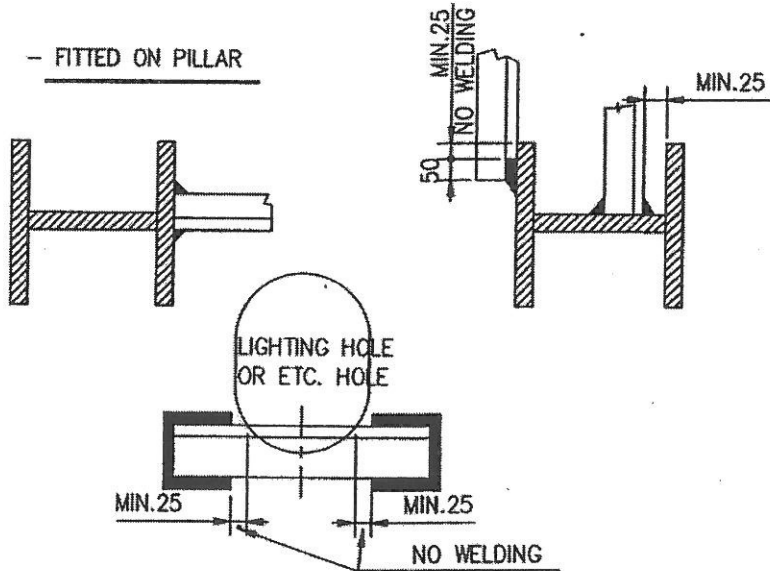
- FITTED ON STIFFENER WEB



- FITTED ON STIFFENER FLANGE



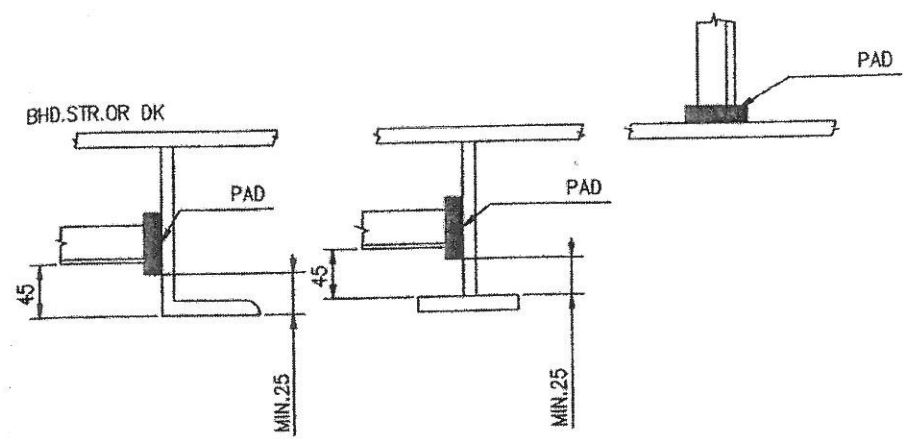
- FITTED ON PILLAR



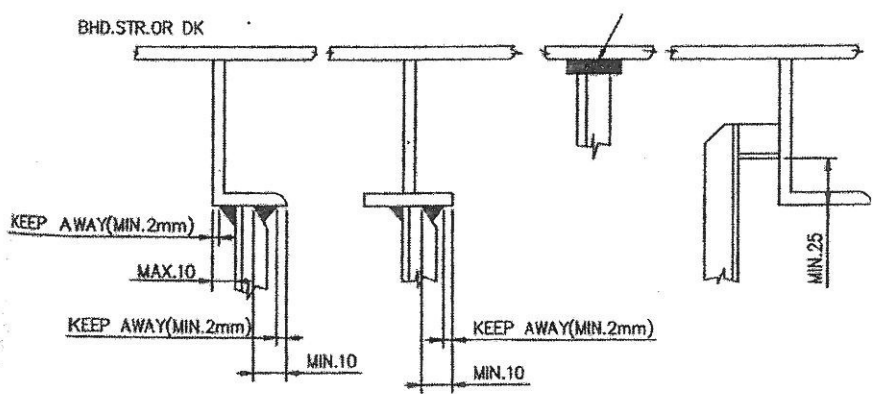
Hull Material

b) High Tensile Steel

Steel Grade AH36 and above (yield 36 kg/cm²)



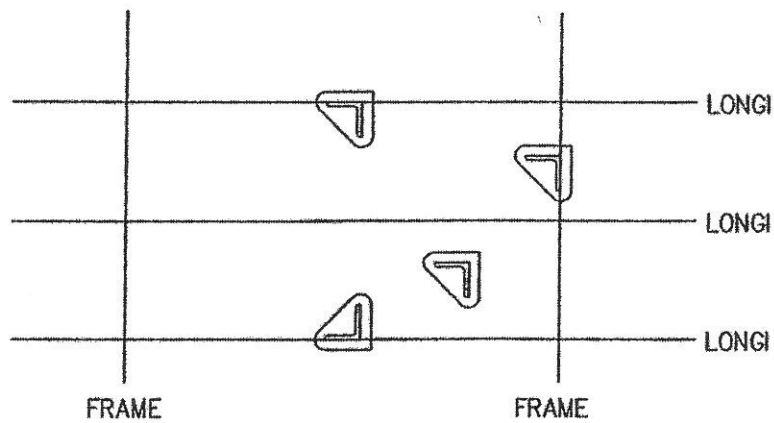
b) Steel grade AH-36 and below.



8. - Support Pad

Support pad application on upper deck

- In principle, all kinds of support welded to the structure of high-tensile steel (AH32 and above) shall be fitted with a pad plate.
- Regardless of location of support leg on upper deck, support pad plate shall be fitted.

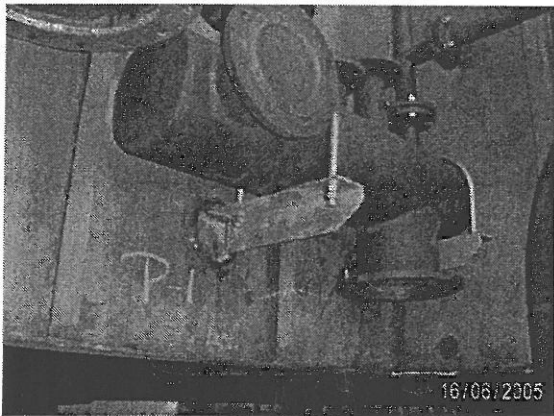


Maximum Limitation the Support (legs) Welded on Structure without Pad Plate

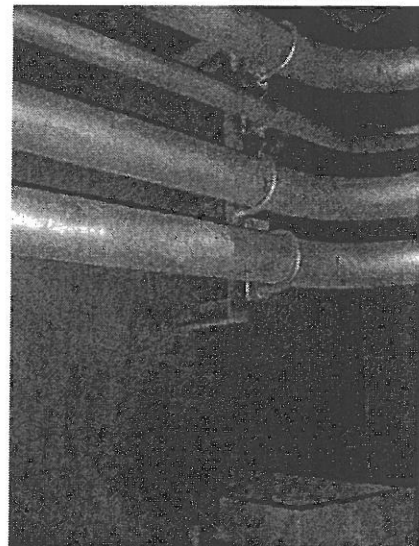
LOCATION	Deck Under or Upper		Deck Under or Upper		Deck Under or Upper		MAX. 300		Deck Under or Upper	
	PIPE (mm.) Up To	OUTFIT (kg.) Up To	PIPE (mm.) Up To	OUTFIT (kg.) Up To	PIPE (mm.) Up To	OUTFIT (kg.) Up To	PIPE (mm.) Up To	OUTFIT (kg.) Up To	PIPE (mm.) Up To	OUTFIT (kg.) Up To
Upper Deck	ALL PAD PROVIDED									
Platform Deck	200	250	100	100						
Hull Tank BHD	ALL PAD PROVIDED									
Tight BHD					200	200	100	100	100	100
Non-Tight BHD					200	200	100	100	100	100
Double Bottom Tank Top	222	250	100	100						
Casing & Funnel	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50

Measurement mentioned above corresponding to Nominal Bore(internal)

Casing plate



BHD Tank



Standard Support Shape and scantling

9.- Standard Support Shape and Scantling

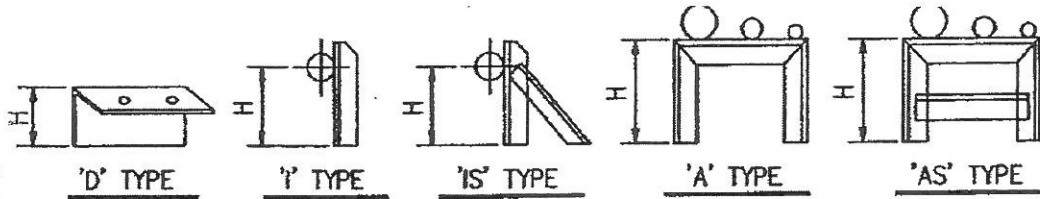
The shape of pipe support is decided according to its location and the welding point of supports. However, the principles of shape are as mentioned below

1) Deck mounting type

Application

In principle, deck mounting type below shall be applied for all piping support, except where the wall mount or ceiling type is needed

Type of deck mounting supports:



Pipe Size	HEIGHT OF SUPPORT								
	150	500	600	700	800	900	1000	1200	3000
42.7 & Below	50x50x6 Type		" I "	50x50x6 Type			" IS "; " A "	50x50x6 "AS" Type	
48.6	65x65x6		"I" type	65x65x6			" IS "; "A" Type	65x65x6 "AS" Type	
60.5	75x75x6		"I" Type	75x75x6			"IS"; "A" Type	75x75x6 "AS" Type	
76.3	100x100x10		"I" Type	100X100X10			"IS"; "A" Type	100x100x10 "AS" Type	
89.1	100x100x10		"A" Type	100x100x10			"AS" Type	100x100x10 "AS" Type	
114.3	130x130x15		"A" Type	130x130x15			"AS" Type	130x30x12 "AS" Type	
139.8	130x130x15		"A" type	130x130x15			"AS" type	130x130x15 "AS" type	
165.2	150x150x15		"A" type	150x150x15			"AS" Type	150x150x15 "AS" Type	
216.3									
267.4									
318.5									
355.6									
406.4									
457.2									
508									
558.8									
609.6									
660.4									
711.2									
762									
812.8									
914.4									

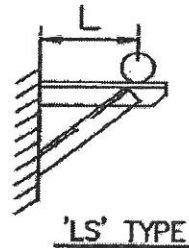
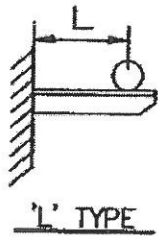
Measurements in mm

10. - Wall Mounting Type

Applications

This type shall be applied where it is difficult and not practical to apply a deck mounting type.

Type of wall mounting supports:



Pipe size A	Distance from Wall (L)		Unit: mm 900
	300	500	
42.7 & Below			
40A	50 x 50 x 6 "L" TYPE	50 x 50 x 6 "LS" TYPE	
50A			
65A			
80A	65 x 65 x 6 "L" TYPE	65 x 65 x 6 "LS" TYPE	
100A			
125A			
150A	75 x 75 x 6 "L" TYPE	75 x 75 x 6 "LS" TYPE	
200A			
250A			
300A	100 x 100 x 10 : "L" TYPE	100 x 100 x 10 :LS" TYPE	
350A			
400A			
450A	130 X 130 X 12 "LS" TYPE		
500A			
550A			
600A			

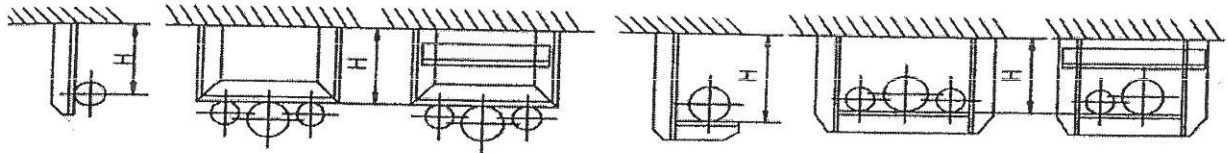
Note:

- In case that the distance exceed 1 meter, special consideration shall be taken for the scantling of support.
- Support shape other than above may be applied, if necessary

11. - Ceiling Mounting Type

Application

This type shall be applied where ceiling mounting type pipe supports are required.
Type of ceiling mounting supports



Pipe Size	Height of Support (H)				Unit : mm
42.7 & Below					
48.6	50 x 50 x 6 "I" TYPE	50 x 50 x 6 "B" TYPE	50 x 50 x 6 "BS" TYPE		
60.5					
76.3					
89.1	65 x 65 x 6 "I" TYPE	65 x 65 x 6 "B" TYPE	65 x 65 x 6 "BS" TYPE		
114.3					
139.8					
165.2	75 x 75 x 6 "I" TYPE	75 x 75 x 6 "B" TYPE	75 x 75 x 6 "BS" TYPE		
216.3					
267.4					
318.5	100 x 100 x 10 "I" TYPE	100 x 100 x 10 "B" TYPE	100 x 100 x 10 "BS" TYPE		
355.6					
406.4	100 x 100 x 10 "IR" TYPE	100 x 100 x 10 "BR" TYPE	100 x 100 x 10 "BRS" TYPE		
457.2					
508	130 x 130 x 12 "IR" TYPE	130 x 130 x 12 "BR" TYPE	130 x 130 x 12 "BRS" TYPE		
558.8					
609.6					
660.4	130 x 130 x 12 "IR" TYPE		130 x 130 x 12 "BR" TYPE	130 x 130 x 12 "BRS" TYPE	
711.2					
762 - 914	150 x 50 x 15 "IR" TYPE		150x150x15 "BR" TYPE	150x150x15 "BRS" TYPE	