

Савчук В.П.¹,
Білоусов Є.В.¹,
Кухтов В.Г.²

¹Херсонська державна морська академія

²Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени П.Василенко, г. Харьков, Украина,
E-mail: ndch_khntusg@mail.ru,

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО- ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРУЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МУФТ CENTALINK В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

УДК 62.19

Введення

Валопроводи CENTALINK, що захищено міжнародними патентами, існують на ринку з 1991 року, і більш ніж 10 000 одиниць добре працюють у важких умовах у складі пропульсивних комплексів суден. Багато з них досягли більше 50 тис. годин наробітку без будь-яких суттєвих відмов.

Муфти CENTALINK складаються з важелів 1, які призначені для підвищення ефективності за допомогою використання гнучких сайлентблоків, що мають можливість передавати силу в різних напрямках (рис. 1). У кожного важеля є циліндричний сайлентблок, який з'єднаний радіально до маточини 2 і сферичний, який з'єднано в осьовому напрямку фланця за допомогою гвинтів 3. Така оригінальна і проста конструкція має низьку вартість і забезпечує простоту складання муфти та її обслуговування та ремонту. Існують шарніри, що містять від 3-х до 8-ми важелів, в залежності від розмірів валу.

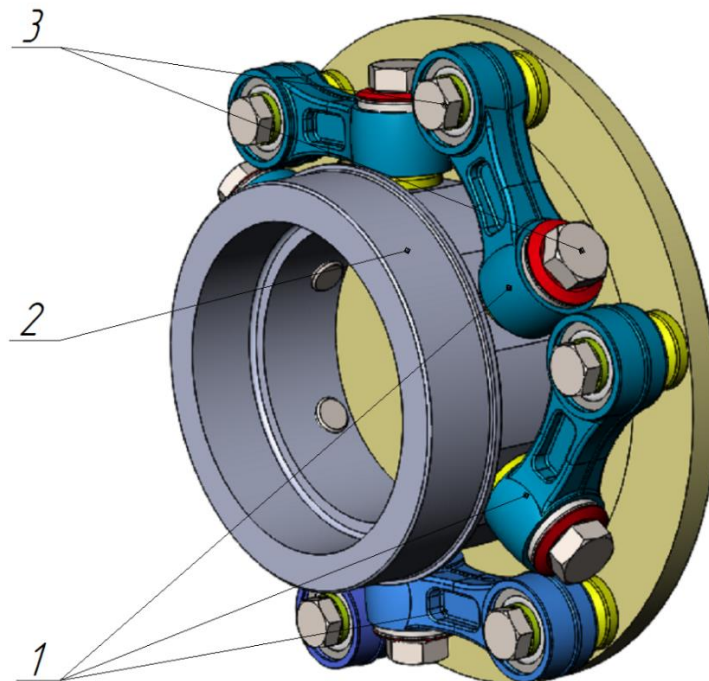


Рисунок 1 – Муфта CENTALINK: 1 – важелі; 2 – маточина; 3 – гвинти

Гумові елементи валу 2 і 8 CENTALINK (рис. 2) добре перевірені на практиці, а за розмірами точно визначені циліндричні чи сферичні шарніри, де каучук вулканізовано до внутрішньої і зовнішньої металевої частини і знаходиться під високим попереднім стисненням.

Мета дослідження

Визначити вплив умов експлуатації пружних елементів муфт CL-68 суднового валопроводу фірми CENTALINK, що входять до складу пропульсивного комплексу судна-буксиру «Antares» на їх напружено-деформований стан.

Результати дослідження

Згідно із проведеними розрахунками крутного моменту, що створюється головними двигунами судна CAT 3512C, його значення становить: максимальний 17 кН·м та номінальний 8,95 кН·м при частоті обертання 30 с⁻¹. Креслення пропонованого валопроводу із муфтами CENTALINK CL-68 та вузлом еластичної муфти CX-70 представлено на рис. 3. Основні показники шарніру CENTALINK CL-68 приведено в табл. 1.

Таблиця 3.1

Основні показники шарніру CENTALINK CL-68

Показник	Значення
Номінальний крутний момент, кН·м	11,0
Максимальний крутний момент, кН·м	27,5
Тривалий пульсуючий момент при частоті 10 Гц, кН·м	4,4
Допустиме осьове переміщення валу, мм	±20
Осьова жорсткість, кН/мм	0,22
Допустиме (максимальне) кутове переміщення, град	1,0 (3,0)
Кутова жорсткість, кН/град	0,26
Максимальна частота обертання, с ⁻¹	35

Для проведення чисельних розрахунків моделі шарніру використовуємо програмний пакет SolidWorks, що надає можливість провести структурний аналіз деталей та збірок.

Характеристики скінчених елементів моделі шарніру представлено в табл. 2. Загальний вигляд моделі шарніру представлено на рис. 4.

Таблиця 2

Характеристики сітки скінчених елементів моделі

Показник	Значення
Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Розбиття, що використовується	Сітка на основі кривизни
Точки Якобіана	4 точки
Максимальний розмір елемента, мм	14,73
Мінімальний розмір елемента, мм	2,95
Кількість елементів	66744
Кількість вузлів	100420

Для проведення чисельних розрахунків призначаємо матеріали деталей шарніру, а саме, для деталей втулок 1, 9 (рис. 2) та відцентрового диску – сталь 20; для важелю – сталь 40; для пружних елементів сайлентблоків – резина (бутадієнстирольний каучук СКС); для підшипників 6 і 7 – політетрафторетилен (фторопласт-4) та поліуретан відповідно.

Механічні властивості вказаних матеріалів приведено в табл. 3.

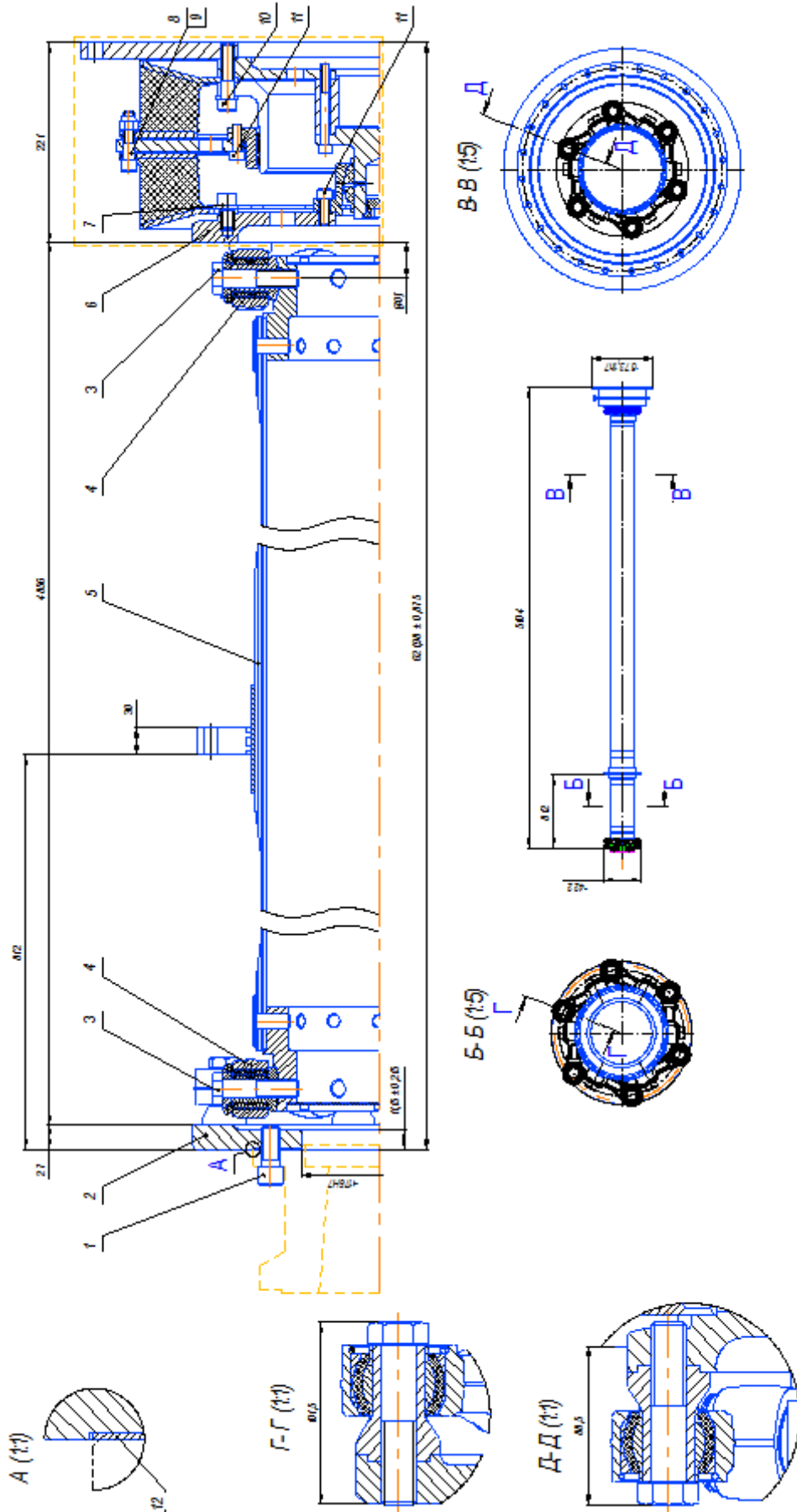


Рисунок 3 – Судновий валопровід із композитним валом і шарнірними муфтами CENTALINK і еластичною муфтою CENTAX: 1, 3, 7, 8, 10, 11 – гвинти; 2 – фланець; 4 – шарнір; 5 – вал; 6 – фланець; – гайка; 12 – шайба

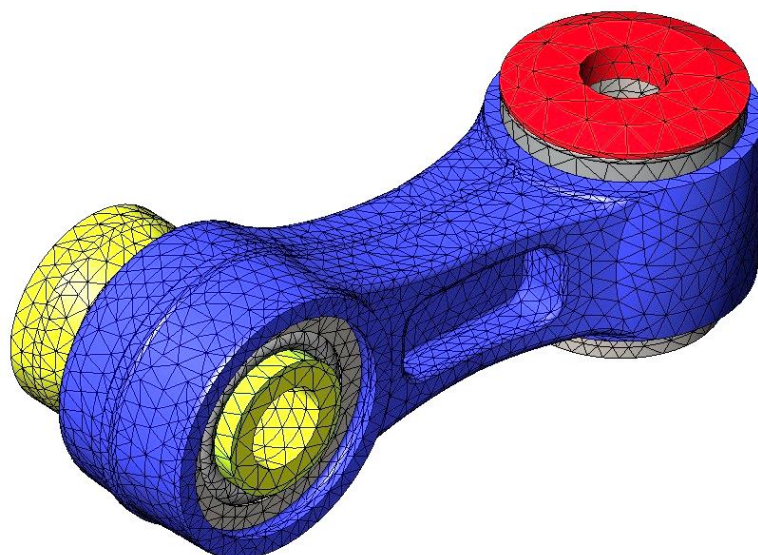


Рисунок 4 – Сітка скінчених елементів моделі шарніру CENTALINK

Таблиця 3

Механічні характеристики застосовуваних матеріалів

Властивості матеріалів	Сталь 40	Сталь 20	Резина	Фторопласт-4	Поліуретан
Модуль пружності E , ГПа	210	200	0,010	0,85	1,05
Коефіцієнт Пуассона μ	0,28	0,28	0,48	0,39	0,35
Модуль зсуву G , ГПа	81	79	0,003	0,45	0,68
Границя міцності при розтягуванні σ_r , МПа	568	400	30	35	60
Границя текучості σ_T , МПа	321	240	15	12	32

Для імітації кріплення застосовуємо для циліндричного пружного елемента 8 (рис. 2) обмеження «зафіксований», що моделює кріплення його за допомогою гвинта до маточини валопроводу. Для забезпечення переміщення сферичного пружного елемента 2 застосуємо обмеження «повзун» до торцевих поверхонь втулки 1.

Навантаження застосовуємо до внутрішнього отвору втулки 1 в повздовжньому напрямку шарніру. Напрямок прикладеної сили представлено на рис. 3.9. Значення сили, що прикладено до втулки 1 підраховуємо за виразом:

$$F_{ш} = \frac{M_{ш}}{i \cdot r} = \frac{8,95 \cdot 10^3}{6 \cdot 0,186} = 8,02 \cdot 10^3 \text{ Н,}$$

де $M_{ш}$ – номінальний момент, що передається шарнірами моделі, $M_{ш} = 8,95 \text{ кН} \cdot \text{м}$; i – кількість шарнірів, $i = 6$ шт;

r – радіус кола, по якому розташовано різьбові отвори кріплення сферичного пружного елемента шарніра. Згідно креслення (рис 5) $r = 0,186 \text{ м}$.

Результати чисельних розрахунків приведено на рис. 5...9.

На рис. 5 представлено напружений стан шарніра навантаженого силою, що розтягує. Напруження, що представлено, підраховано за критерієм фон Мізеса. Результати

розрахунків демонструють достатню міцність пружних елементів. Максимальні напруження в складальній одиниці не перевищують 46 МПа. Вони виникають на межі контакту пружних елементів із стальними втулками, що дещо зумовлено крайовим ефектом розрахунку.

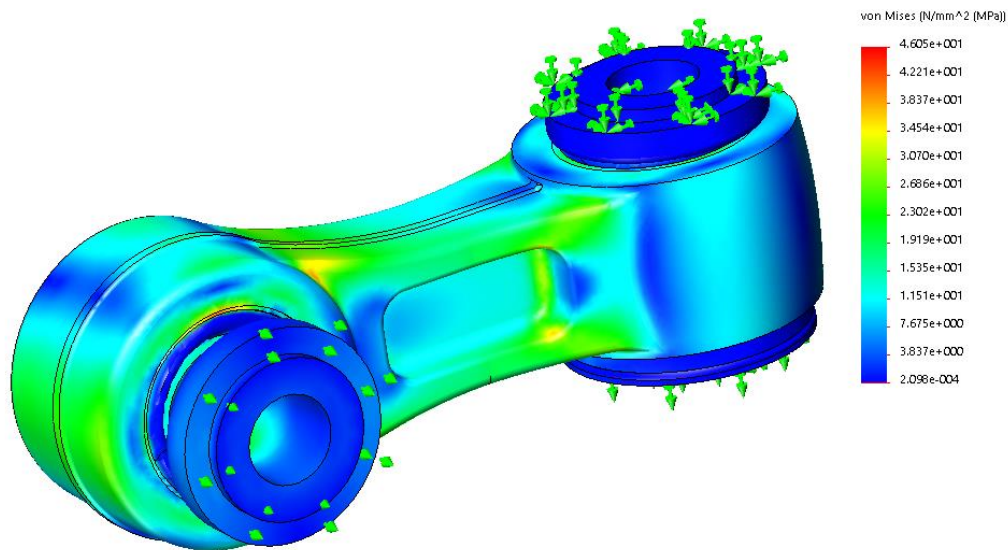


Рисунок 5 – Розрахунок напруженого стану шарніра

Загальні напруження в матеріалі пружних елементів загалом не перевищують границі текучості вказаних матеріалів. Як і очікувалось, максимально напруженими елементами даної конструкції є резинові частини сайлентблоків. Для цього було використано епюру Design Insight, що демонструє області моделі, які сприймають більш інтенсивні навантаження (рис. 6).

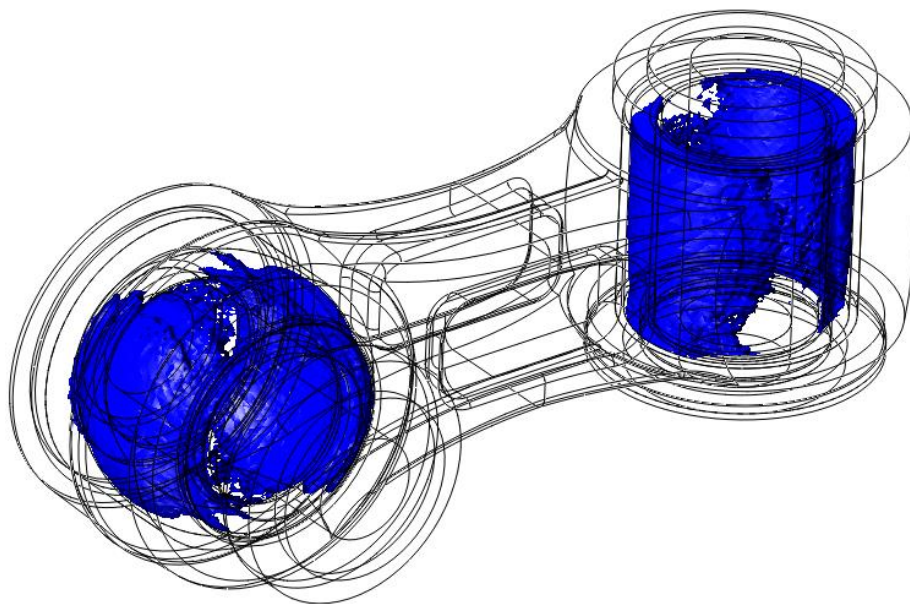


Рисунок 6 – Епюра Design Insight

Результати розрахунку напружень, що виникають в матеріалі резины сайлентблоків представлено демонструють хороше розподілення напружень в об'ємі матеріалу, максимальне значення яких не перевищує 20 МПа.

На рис. 7 представлено епюри результуючих переміщень деталей моделі. Отриманий результат максимального відносного переміщення втулок шарніру (максимальне переміщення умовно рухомої втулки відносно зафіксованої) становить 0,82 мм. Представлені результуючі переміщення елементів шарніру вказують на відповідність отриманих теоретичних результатів допустимим значенням (табл. 1).

Результати визначення відносної деформації ϵ матеріалів моделі представлено на рис. 8. Епюра розподілу значень відносної деформації пружного елемента сайлентблоків демонструє рівномірний їх розподіл в повздовжньому напрямку ($\epsilon_{\text{ср}} \approx 0,8 \cdot 10^{-3}$) та дещо підвищене значення на краях сайлентблоку при розгляді поперечного перерізу ($\epsilon_{\text{ср}} \approx 20 \cdot 10^{-3}$). Тому, найбільш деформованими частинами пружних елементів є периферійні зони.

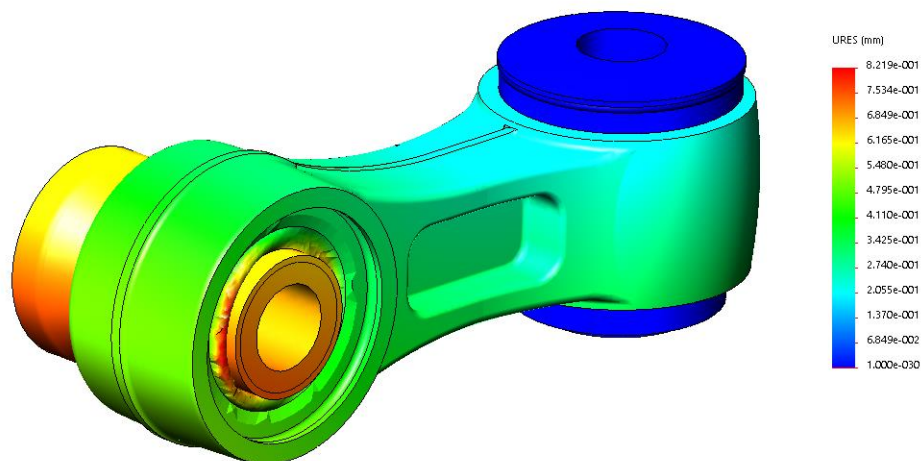


Рисунок 7 – Результуючі переміщення шарніру

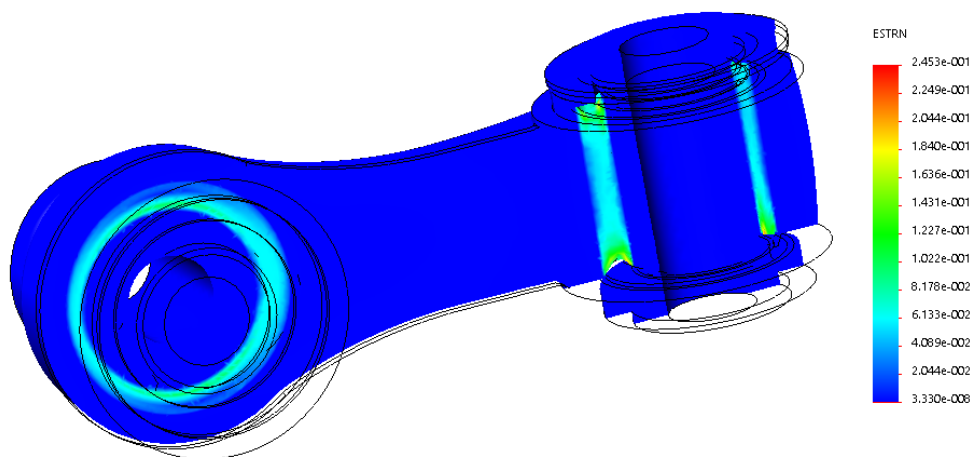


Рисунок 8 – Епюра розподілу відносної деформації матеріалу

Результати дослідження коефіцієнта запасу міцності (КЗМ) представлено на рис. 9.

Дані результатів демонструють наявність мінімального КЗМ 2,4, що дозволяє сприймати пікові навантаження, вказані в табл. 1.

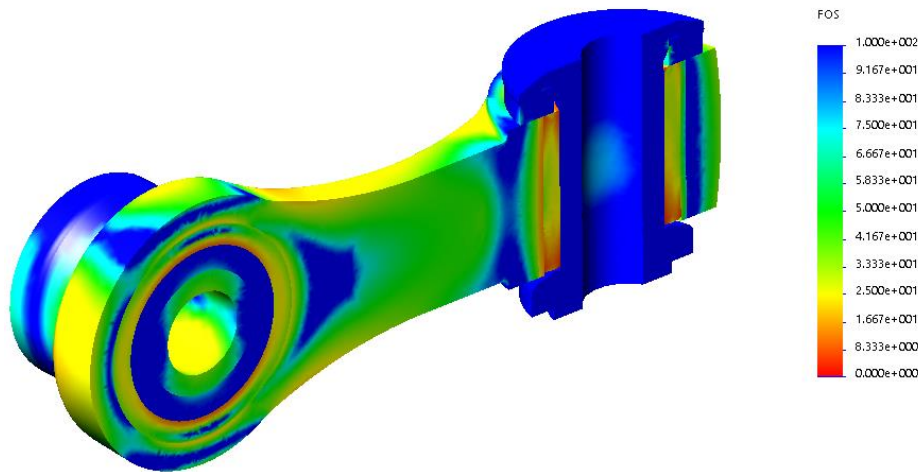


Рисунок 9 – Епюра розподілу коефіцієнта запасу міцності шарніра

Креслення розміщення валопроводу представлено на рис. 10.

Таким чином, проведені дослідження надають можливість зробити наступні висновки:

- застосовувана конструкція шарніру повністю задовольняє вимогам до міцності;
- найменш навантаженим елементом конструкції є важіль;
- найбільш навантаженими елементами конструкції є пружні елементи сайлент-блоків;
- мінімальний коефіцієнт запасу міцності становить 2,4.

Вид на ЛБ

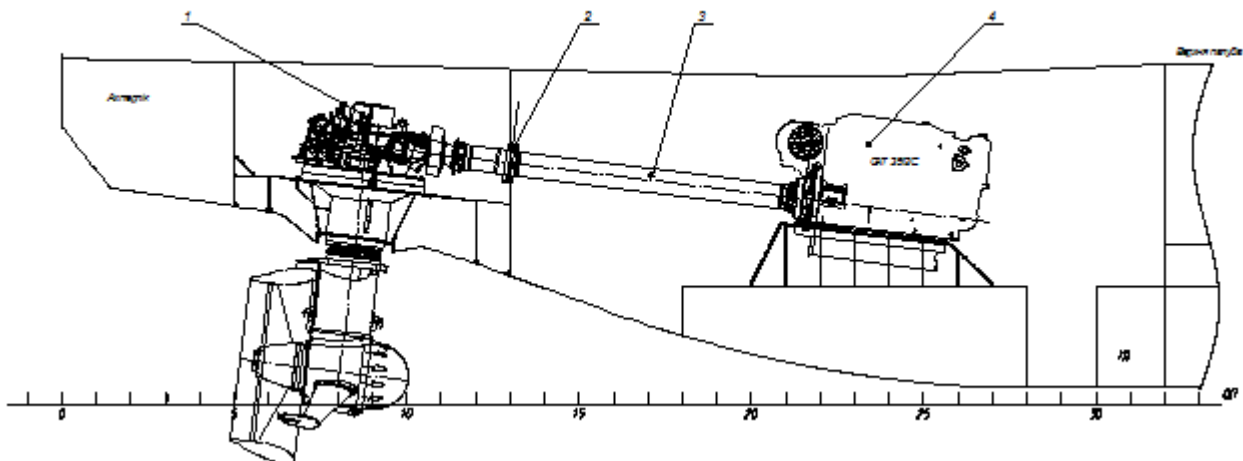


Рисунок 10 – Монтаж валопроводу CENTALINK: 1 – гвинто-рульовий комплекс; 2 – ущільнення; 3 – композитний вал; 4 – оловний двигун

Література

1. CENTALINK. 019X-50056...68070-F.22: инструкция по эксплуатации M019-00032-RU, Rev. 2. — CENTA. Antriebe Kirsche, GmbH. — 43 p.
2. Алямовский А.А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов и др. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 1040 с.

Summary

Savchuk V., Belousov E., Kuhtov V. Research stress-strain state of elastic elements mufti centalink in operation

References

1. SENTALINK. 019X-50056 ... 68070-F.22: manual M019-00032-RU, Rev. 2. - CENTA. Antriebe Kirsche, GmbH. - 43 p.
2. Alyamovsky AA SolidWorks 2007/2008. Computer modeling in engineering practice / A.A. Alyamovsky, A.A. Sobachkin, E.V. Odintsov, etc. -. SPb .: BHV-Petersburg, 2008 - 1040.