

Разработване и внедряване на инженерен софтуер за оценка на устойчивостта на плоски конструкции по правилата на водещите класификационни организации

инж. Васил Йорданов

Технически Университет - Варна
Keppel FELS Baltech – DTG

Юли 2012

Съдържание

1 Въведение

- Какво е загуба на устойчивост ?
- Какво е морска конструкция ?
- Поведение на морските конструкции подложени на натиск.
- Дефиниране на целта на дипломната работа.

Съдържание

1 Въведение

- Какво е загуба на устойчивост ?
- Какво е морска конструкция ?
- Поведение на морските конструкции подложени на натиск.
- Дефиниране на целта на дипломната работа.

2 Съвременни практики

- Метод на крайните елементи
- Ръчна проверка по регистър
- Автоматизирана проверка по регистър

Съдържание

1 Въведение

- Какво е загуба на устойчивост ?
- Какво е морска конструкция ?
- Поведение на морските конструкции подложени на натиск.
- Дефиниране на целта на дипломната работа.

2 Съвременни практики

- Метод на крайните елементи
- Ръчна проверка по регистър
- Автоматизирана проверка по регистър

3 Използван подход

- Мотивация
- Същност

Съдържание

1 Въведение

- Какво е загуба на устойчивост ?
- Какво е морска конструкция ?
- Поведение на морските конструкции подложени на натиск.
- Дефиниране на целта на дипломната работа.

2 Съвременни практики

- Метод на крайните елементи
- Ръчна проверка по регистър
- Автоматизирана проверка по регистър

3 Използван подход

- Мотивация
- Същност

4 Релизация

- Потребителска форма за входни данни
- Изходни данни

Съдържание

1 Въведение

- Какво е загуба на устойчивост ?
- Какво е морска конструкция ?
- Поведение на морските конструкции подложени на натиск.
- Дефиниране на целта на дипломната работа.

2 Съвременни практики

- Метод на крайните елементи
- Ръчна проверка по регистър
- Автоматизирана проверка по регистър

3 Използван подход

- Мотивация
- Същност

4 Релизация

- Потребителска форма за входни данни
- Изходни данни

5 Резултати

- Пример 1
- Пример 2
- Пример 3

Съдържание

1 Въведение

- Какво е загуба на устойчивост ?
- Какво е морска конструкция ?
- Поведение на морските конструкции подложени на натиск.
- Дефиниране на целта на дипломната работа.

2 Съвременни практики

- Метод на крайните елементи
- Ръчна проверка по регистър
- Автоматизирана проверка по регистър

3 Използван подход

- Мотивация
- Същност

4 Релизация

- Потребителска форма за входни данни
- Изходни данни

5 Резултати

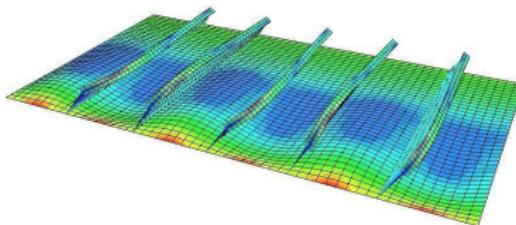
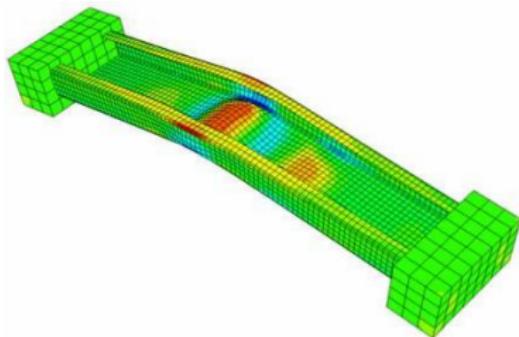
- Пример 1
- Пример 2
- Пример 3

6 Заключения и препоръки за бъдеща работа

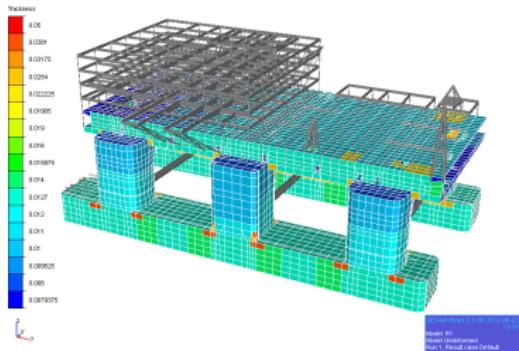
Какво е загуба на устойчивост ?

Определение за загуба на устойчивост

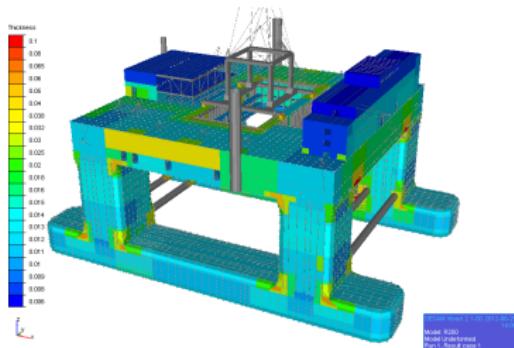
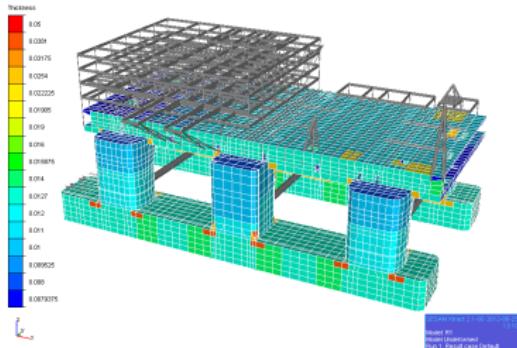
Загубата на устойчивост се характеризира със рязка деформация (изкълчване) на конструктивните елементи подложени на натискови сили.



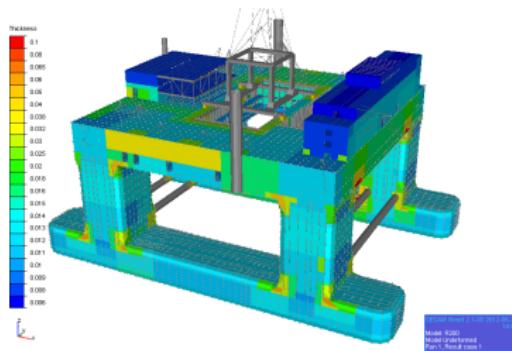
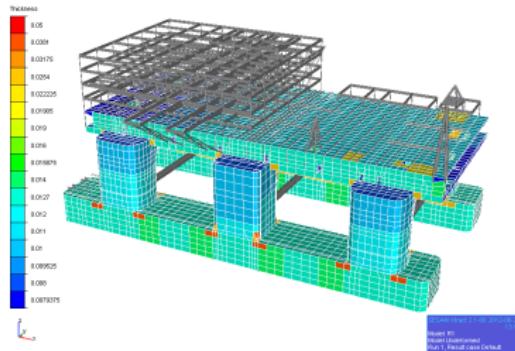
Какво е морска конструкция ?



Какво е морска конструкция ?



Какво е морска конструкция ?



Важен момент

Основен проблем при оценката на устойчивостта на морските конструкции е наличието на голям брой греди и плочи, които трябва да бъдат анализирани, както и размерите на самите съоръжения.

Поведение на морските конструкции подложени на натиск.



Важен момент

Всички морски конструкции са съставени от плоски уребрени панели

Поведение на морските конструкции подложени на натиск.

Пример

Идеализирано поведение на морските конструкции подложени на натиск



Положение 1

Върху плоския панел не действват натискови сили

Поведение на морските конструкции подложени на натиск.

Пример

Идеализирано поведение на морските конструкции подложени на натиск



Положение 2

Върху плоския панел са приложени натискови сили, в резултат на което неподкрепените площи губят устойчивост.

Поведение на морските конструкции подложени на натиск.

Пример

Идеализирано поведение на морските конструкции подложени на натиск



Положение 3

С увеличаване на натисковите сили обикновенните греди заедно с пластините губят устойчивост

Поведение на морските конструкции подложени на натиск.

Пример

Идеализирано поведение на морските конструкции подложени на натиск



Положение 4

С по-нататъчното увеличаване на натисковите сили цялото покритие губи устойчивост.

Поведение на морските конструкции подложени на натиск.



Важен момент

Тъй като пластините най-лесно загубват устойчивост, то тяхното изследване трябва да е с приоритет.

Дефиниране на целта на дипломната работа.

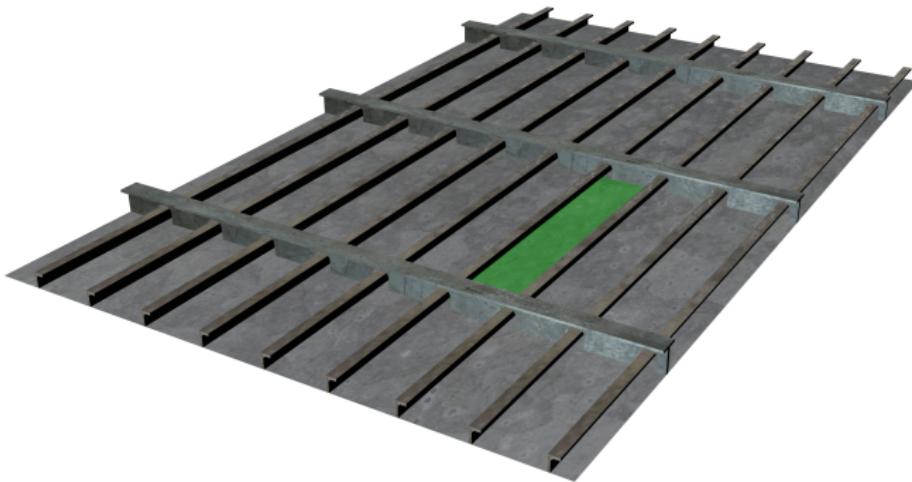
Цел на дипломната работа

Целта на дипломната работа е да се разработи компютърна програма, която автоматизирано да оценява устойчивостта на всички неподкрепени пластини.

Дефиниране на целта на дипломната работа.

Цел на дипломната работа

Целта на дипломната работа е да се разработи компютърна програма, която автоматизирано да оценява устойчивостта на всички неподкрепени пластини.



Метод на крайните елементи.

Метод на крайните елементи.

Недостатъци

- Изисква много ситна изчислителна мрежа
- Резултатите са представени в неудобен формат
- Един анализ отнема средно 72 часа
- Неприложим за големи конструкции

Ръчна проверка по правилата на класификационните организации.



PULS 2.0 - Unstiffened panel (U3) input

Identification										Geometry		Material		Applied loads										Boundary conditions											
of panel										Length of plate		Width of plate		Plate thickness		Modulus of elasticity		Poison's ratio		Yield stress of plate		Axial stress		Transversal stress		Transversal stress		Shear stress		Pressure (load)		In plane support		Rotational support	
										mm	mm	mm	mm	mm	mm	E	u	σ_y	σ_x	σ_{xz}	σ_{yz}	σ_{xy}	τ_{xy}	p	Left	Right	Upper	Lower							
										mm	mm	mm	mm	mm	mm	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MNm	MNm	MNm	MNm							
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	160	180	0	0	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	181	181	0	0	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	102	192	0	0	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	163	183	0	0	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	184	184	0	0	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	165	185	0	0	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	166	186	0	0	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	0	70	70	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	71	71	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	72	72	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	73	73	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	74	74	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	75	75	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	76	76	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	77	77	0	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	0	0	134	0	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	0	0	0	135	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	0	0	0	136	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	0	0	0	137	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	0	0	0	138	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	0	0	0	139	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														
1.1	2730	760	14	206000	0.3	295	0	0	0	0	0	140	0	0	0	0	Dint	ss	ss	ss	ss														

Пояснение

Програмата на DNV – PULS разпространявана като таблица на Excel

Ръчна проверка по правилата на класификационните организации.

BUS - Plates and Stiffened Panels

Job Title: Test

Unit Conversion Factors to (mm, kN/m, N)

Units: 144.05 in, kips/in, Length: 25.4 Stress: 5.899E+00 Force: 4.40E+00

Stiffener

ID	Name	Type	d _{in}	t _{in}	b _{fl}	t _{fl}	θ	Δ
1	101 2-2	1. Radius	4.50	0.40	0	0	0	0
2	102 5-2	1. Radius	4.50	0.50	0	0	0	0
3	103 5-3	2. Radius	4.50	0.22	1.76	0.36	0	0
4	104 5-4	3. AngleBar	4.50	0.22	1.76	0.36	0	0
5	105 5-5	4. AngleBar	4.50	0.22	1.76	0.36	0	0

Insert Row **Delete Row** **Print Preview** **Exit**

Plate

Name	t _{in}	(t _{eff})	c	t _{fl}	E	v	σ _C	ρ _s	σ _{allow}	σ _{allow}	σ _{allow}	σ _{allow}
1 Plate-a	.080	64.0	12.0	0.29	29045	0.3	34.08	0.5	10.00	2.30	15.00	10.00
2 Plate-b	.080	64.0	12.0	0.29	29045	0.3	34.08	0.5	10.00	2.30	15.00	10.00
3 Plate-c	.080	64.0	12.0	0.29	29045	0.3	34.08	0.5	10.00	2.30	15.00	10.00
4 Plate-d	.080	64.0	12.0	0.29	29045	0.3	34.08	0.5	10.00	2.30	15.00	10.00
5 Plate-e	.080	64.0	12.0	0.29	29045	0.3	34.08	0.5	10.00	2.30	15.00	10.00

Insert Row **Delete Row**

Results

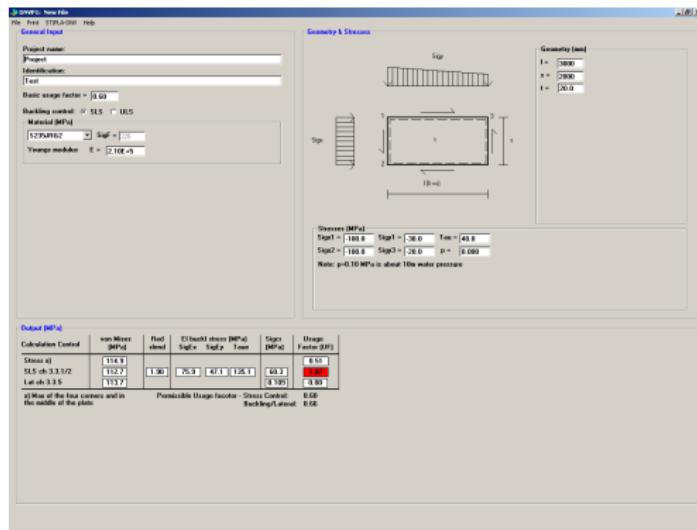
Name	Pitch	PWLR	PLUR	Smax	Smin	SmaxBar	SmaxLoc	Qmax	Qmax	Qmax	Qmax	Qmax	QmaxBar	QmaxLoc	SmaxBar	SmaxLoc	Δ
1 Plate-a	0.095	0.087	0.130	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0
2 Plate-b	0.087	0.095	0.130	0.366	0.194	0.182	N/A	0.881	0.236	0.234	N/A	N/A	1.80	N/A	N/A	N/A	0.0
3 Plate-c	0.087	0.095	0.130	0.118	0.188	N/A	N/A	0.492	0.177	N/A	N/A	0.805	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0
4 Plate-d	0.082	0.744	0.130	0.940	0.193	N/A	N/A	0.168	0.549	N/A	N/A	0.495	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0
5 Plate-e	0.082	0.794	0.130	0.940	0.191	N/A	N/A	0.169	0.541	N/A	N/A	0.495	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0

Clear All **Run Analysis** **Save** **Done**

Пояснение

Програмата на ABS – OSAP разпространявана като самостоятелно приложение

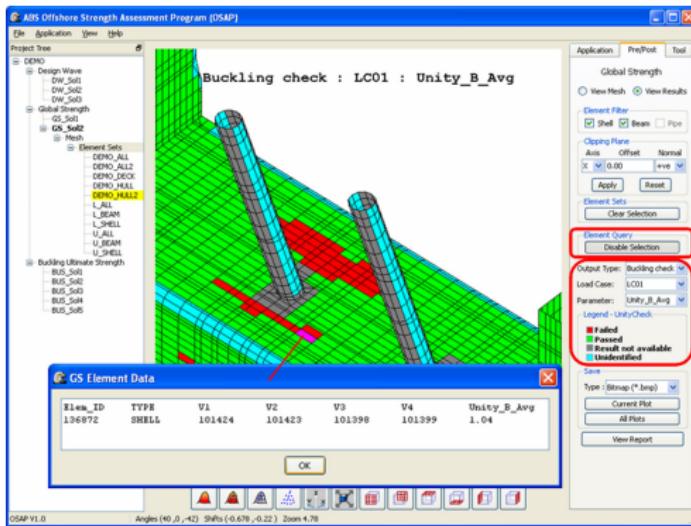
Ръчна проверка по правилата на класификационните организации.



Пояснение

Програмата на Struprog – STIPLA разпространявана като самостоятелно приложение

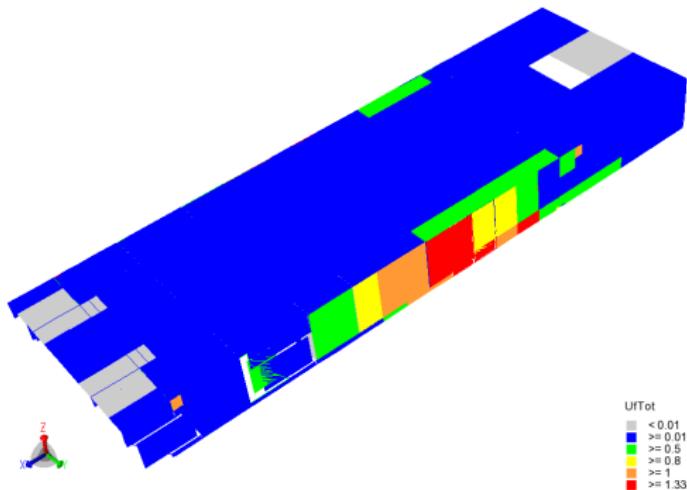
Автоматизирана проверка по правилата на класификационните организации.



Пояснение

Представяне на резултатите от ABS – OSAP

Автоматизирана проверка по правилата на класификационните организации.



Пояснение

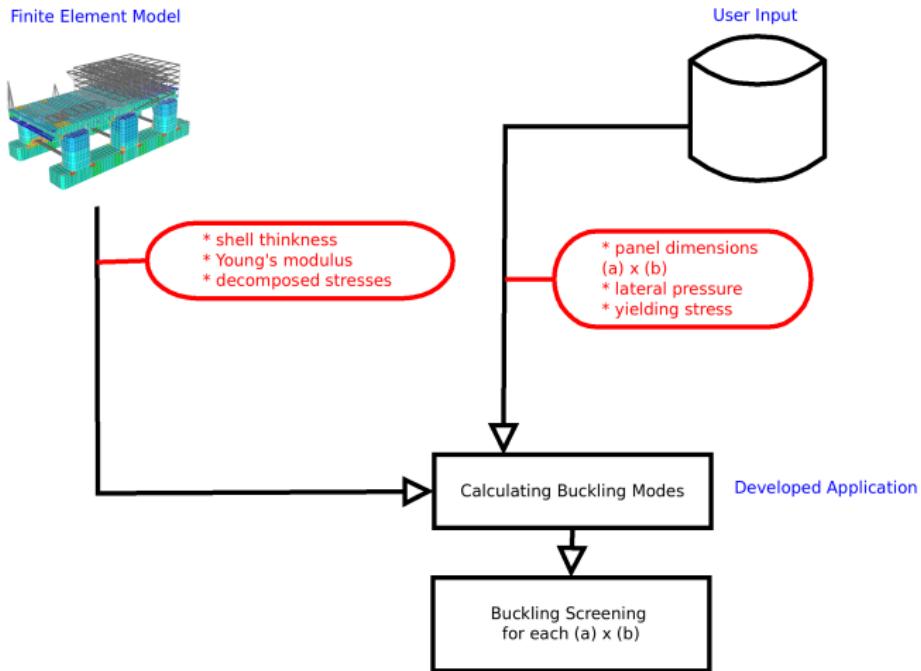
Представяне на резултатите от SESAM – GeniE

Мотивация

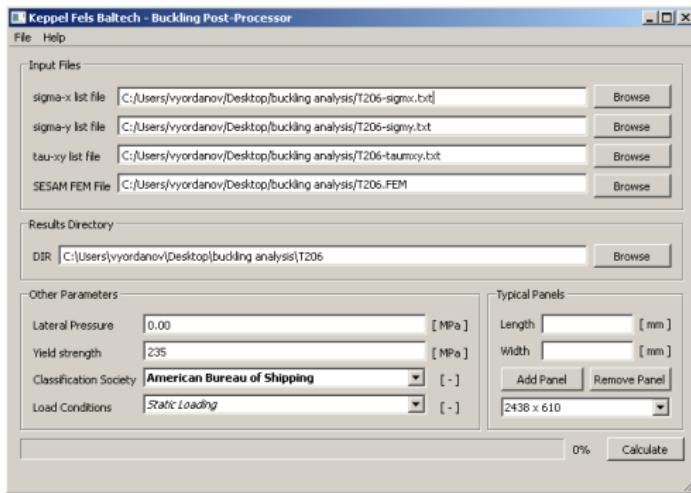
Мотивация

- Свеждане до минимум на човешкото участие в процеса на подготовка на анализа
- Съкращаване на времето необходимо за анализа на конструкциите
- Предоставяне на техническо решение позволяващо по-нататъчна оптимизация на конструкцията
- Увеличаване на наличната информация в началните етапи на проектирането
- Разработването на по-надеждни и икономически по-изгодни конструктивни решения

Същност



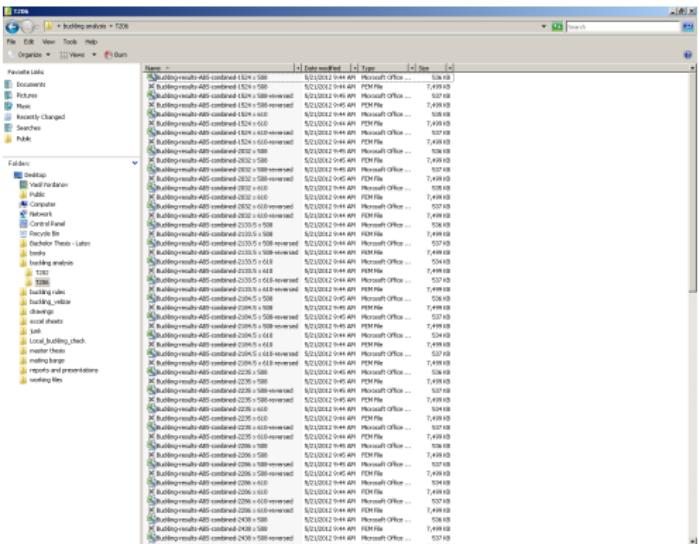
Входни данни.



Пояснение

Потребителска форма за входни данни към разработеното приложение

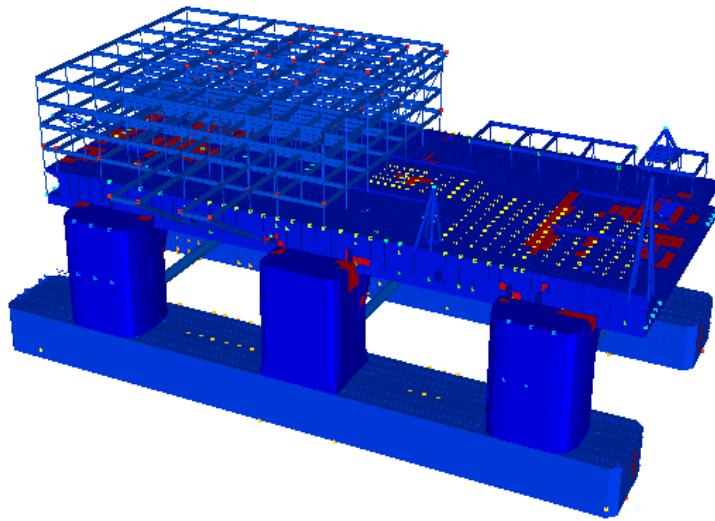
Изходни данни.



Пояснение

Изглед на получените от разработеното приложение файлове

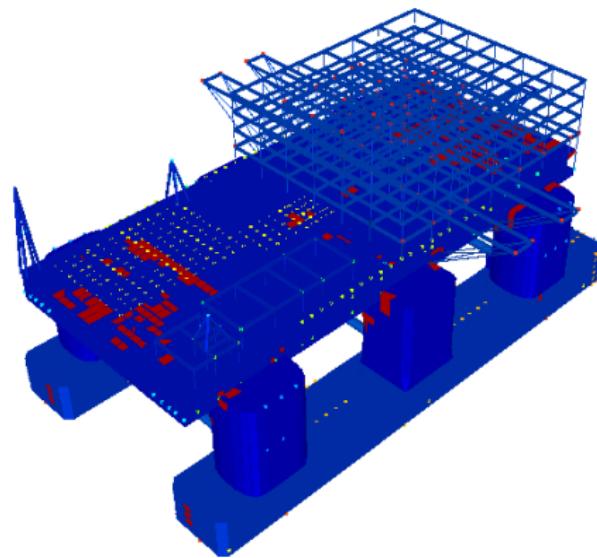
Пример 1.



Пример 1

Изглед на опасните зони за критичен панел 4270 x 610 по правилата на DNV

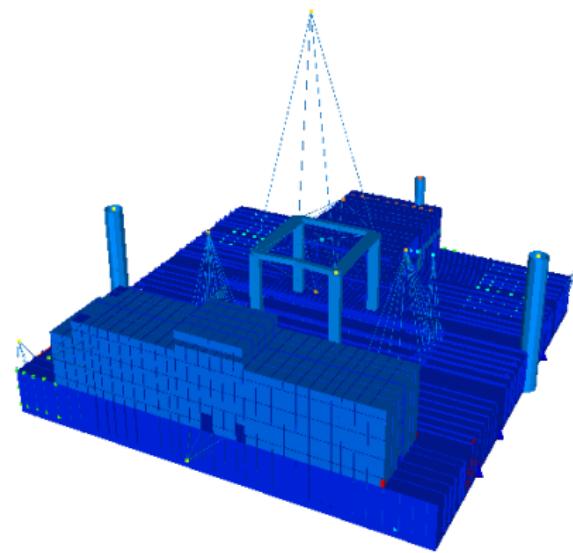
Пример 1.



Пример 1

Изглед на опасните зони за критичен панел 4270 x 610 по правилата на DNV

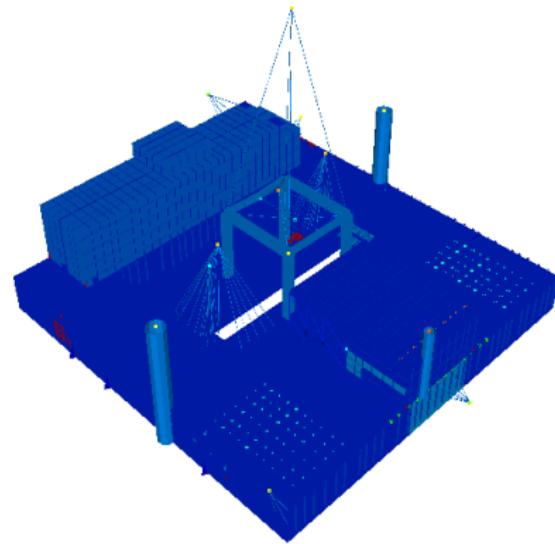
Пример 2.



Пример 2

Изглед на опасните зони за критичен панел 1700 x 500 по правилата на ABS

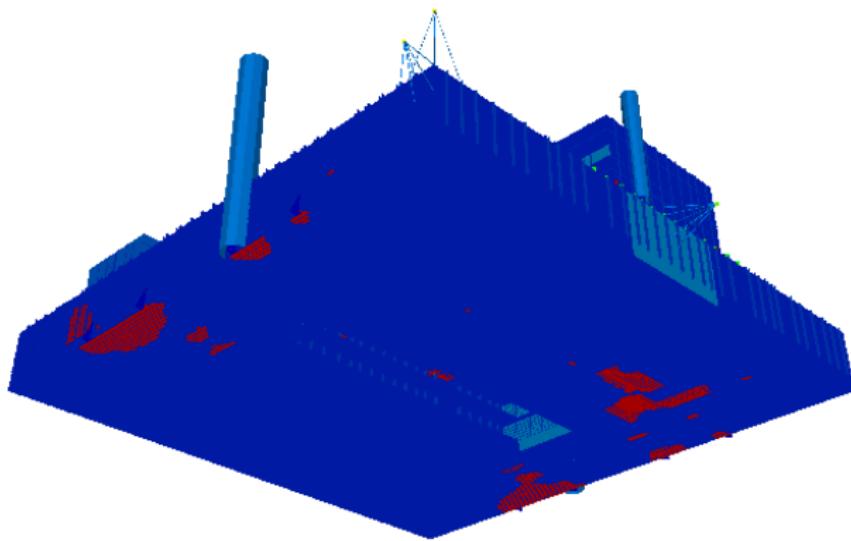
Пример 2.



Пример 2

Изглед на опасните зони за критичен панел 1700 x 500 по правилата на ABS

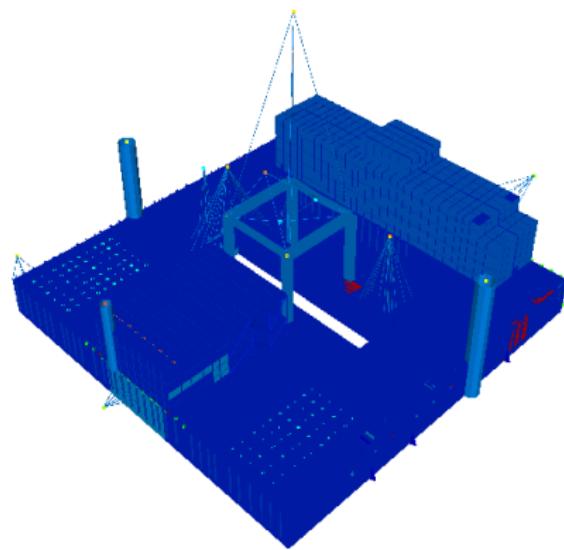
Пример 2.



Пример 2

Изглед на опасните зони за критичен панел 1700 x 500 по правилата на ABS

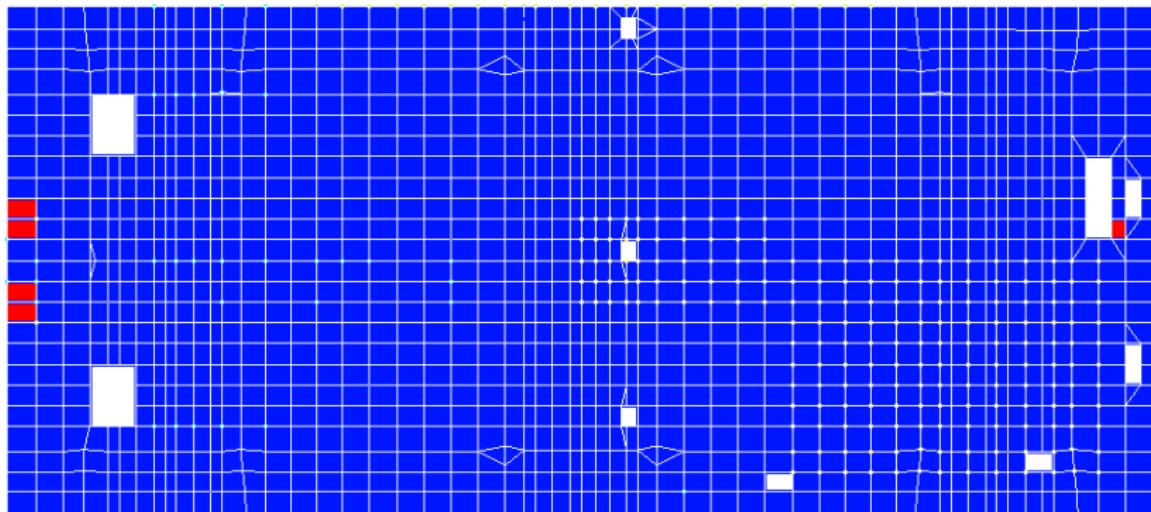
Пример 2.



Пример 2

Изглед на опасните зони за критичен панел 1700 x 500 по правилата на ABS

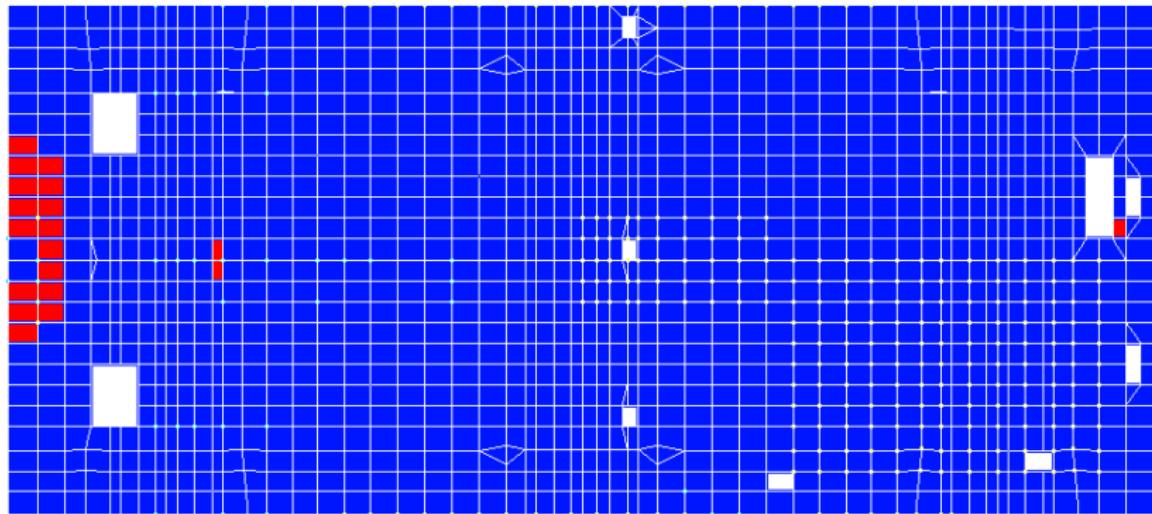
Пример 3.



Пример 3

Изглед на опасните зони за критичен панел 2438 x 600 по правилата на DNV

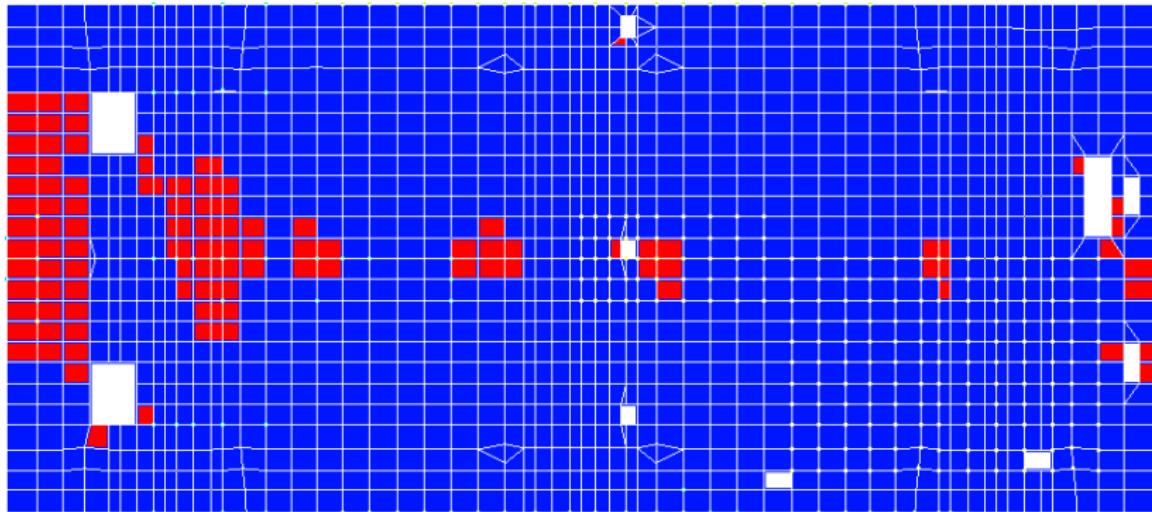
Пример 3.



Пример 3

Изглед на опасните зони за критичен панел 2438 x 600 по регресионен алгоритъм

Пример 3.



Пример 3

Изглед на опасните зони за критичен панел 2438 x 600 по правилата на ABS

Заключения и възможности за бъдещо развитие

Заключения

Разработената компютърна програма предоставя техническо решение, предоставящо възможности за по-нататъчна оптимизация на конструктивните решения, както и намалява значително времето за оценката на устойчивостта на морските конструкции срещу изкълчване.

Възможности за бъдещо развитие

- Добавяне на алгоритми отчитащи загубата на устойчивост на греди
- Добавяне на алгоритми отчитащи и устойчивостта на набора
- Добавяне на алгоритми за загуба на устойчивост на повърхнинни пластини
- Разработване на процедури за избор на оптимален панел за предварително избран район
- Разработване на процедури за автоматизирано набиране на набора и шпацията при зададени външни натоварвания

Благодаря Ви за вниманието!

- ▶ Сравнение между кривите на взаимодействие
- ▶ Критични напрежения при единични натоварвания
- ▶ Условие за загуба на устойчивост при комбинирано натоварване
- ▶ Влияние на закрепването върху критичните напрежения
- ▶ Сравнение между напречно и надлъжно оребряване
- ▶ Отчитане на напречния разпределен товар

▶ Back

Det Norske Veritas

$$p \leq 4 \frac{f_y}{\gamma_m} \left(\frac{t}{s} \right)^2 \left[\psi_y + \left(\frac{s}{\ell} \right)^2 \psi_x \right]$$

$$\psi_x = \frac{1 - \left(\frac{\sigma_\gamma}{f_y} \right)^2}{\sqrt{1 - \frac{3}{4} \left(\frac{\sigma_y, sd}{f_y} \right)^2 - 3 \left(\frac{\tau_{sd}}{f_y} \right)^2}}$$

$$\psi_y = \frac{1 - \left(\frac{\sigma_\gamma}{f_y} \right)^2}{\sqrt{1 - \frac{3}{4} \left(\frac{\sigma_x, sd}{f_y} \right)^2 - 3 \left(\frac{\tau_{sd}}{f_y} \right)^2}}$$

$$\sigma_\gamma = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \tau_{xy}^2}$$

$$\gamma_m = 1.15$$

American Bureau of Shipping

$$p \leq \eta 4 \sigma_0 \left(\frac{t}{s} \right)^2 \left(1 + \frac{1}{\alpha^2} \right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_e}{\sigma_0} \right)^2}$$

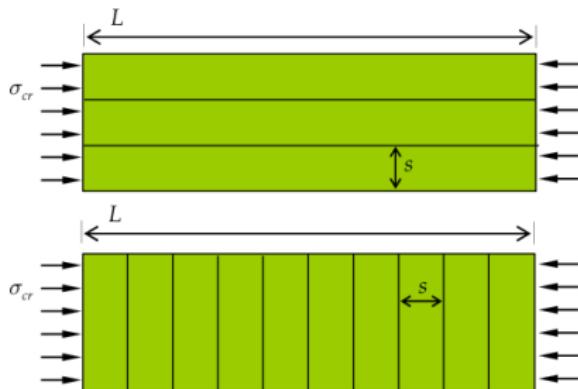
$$\alpha = \frac{\ell}{s}$$

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \tau_{xy}^2}$$

$$\eta = 0.6 - \text{тиха вода}$$

$$\eta = 0.8 - \text{на вълнение}$$

▶ Back



Нека приемем че всички пластини са свободно подбрени и $\frac{a}{b} \geq 4$, тогава:

$k_\ell \approx 4$ $k_t \approx 1$, тогава за критичните напрежения получаваме:

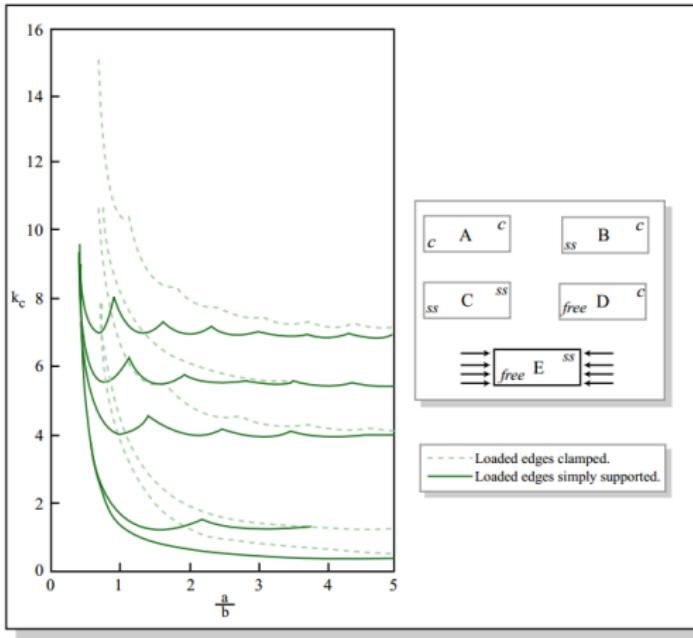
$$\sigma_{cr,\ell} = \frac{4\pi^2 D}{s^2 t} \quad \sigma_{cr,t} = \frac{\pi^2 D}{s^2 t}, \text{ където}$$

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} - \text{цилиндрична коравина на пластина}$$

Заключение

Пластините оребрени надлъжно са 4 пъти по-устойчиви на усилия действащи в надлъжно направление, от тези оребрени напречно

▶ Back



Заключение

Приемайки пластините за свободно подпрени по всичките си страни, ние допускаме грешка в безопасната страна.

Figure by MIT OCW.

▶ Back

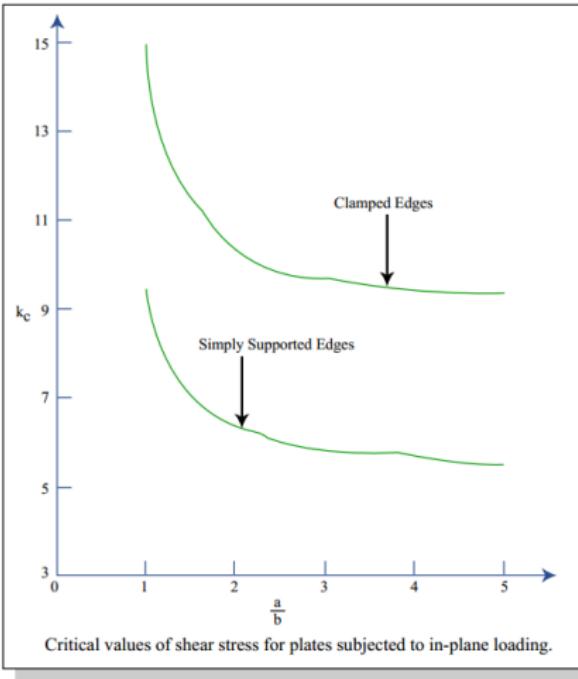


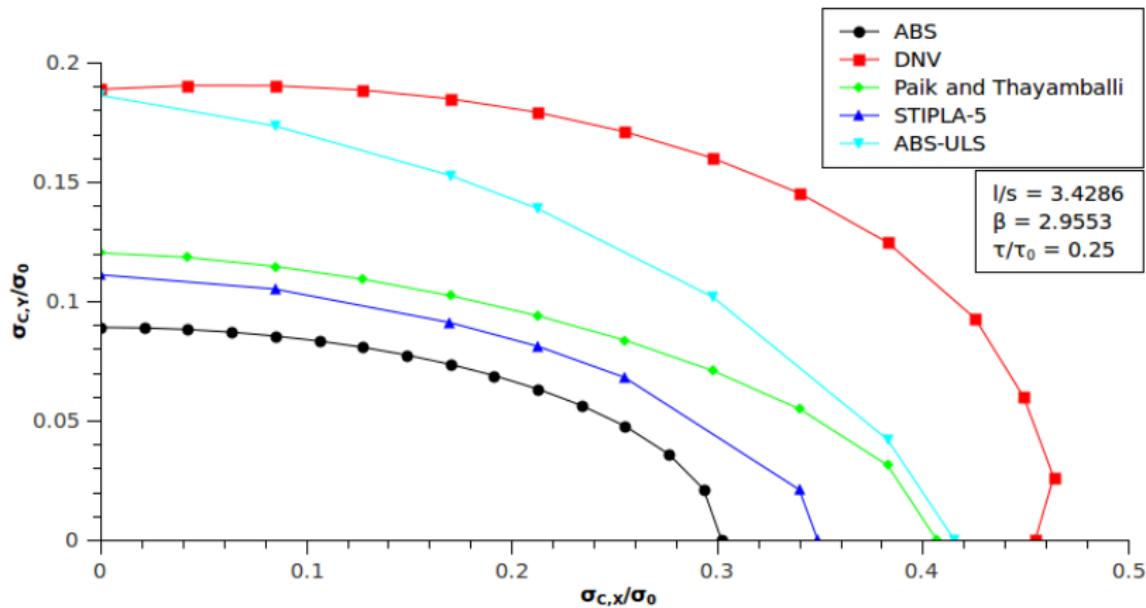
Figure by MIT OCW.

Заключение

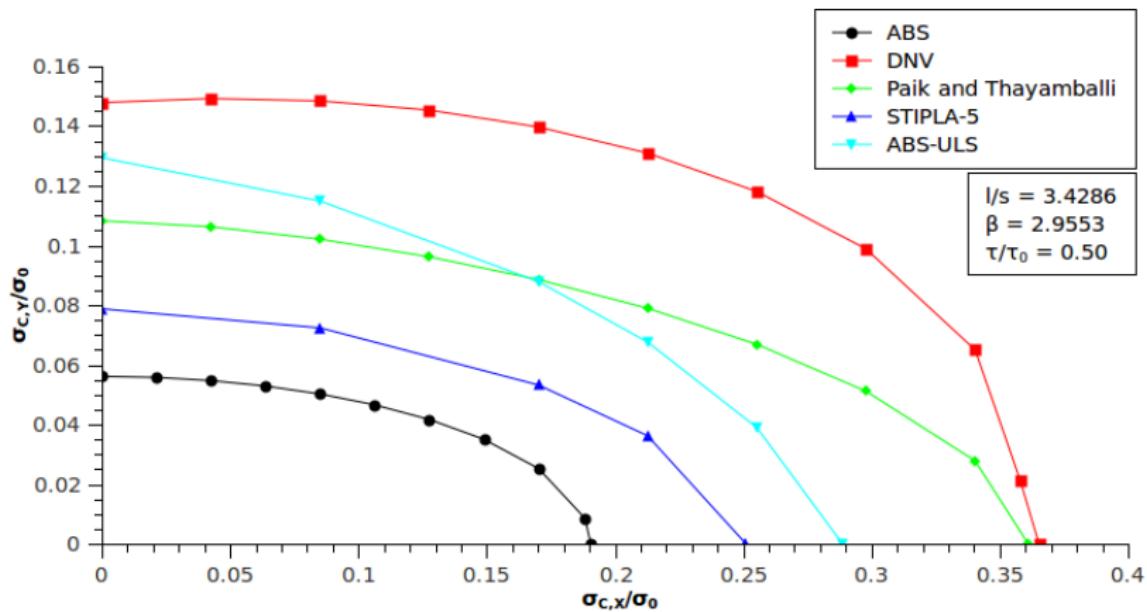
Приемайки пластините за свободно подпрени по всичките си страни, ние допускаме грешка в безопасната страна.

Заключения и препоръки за бъдеща работа

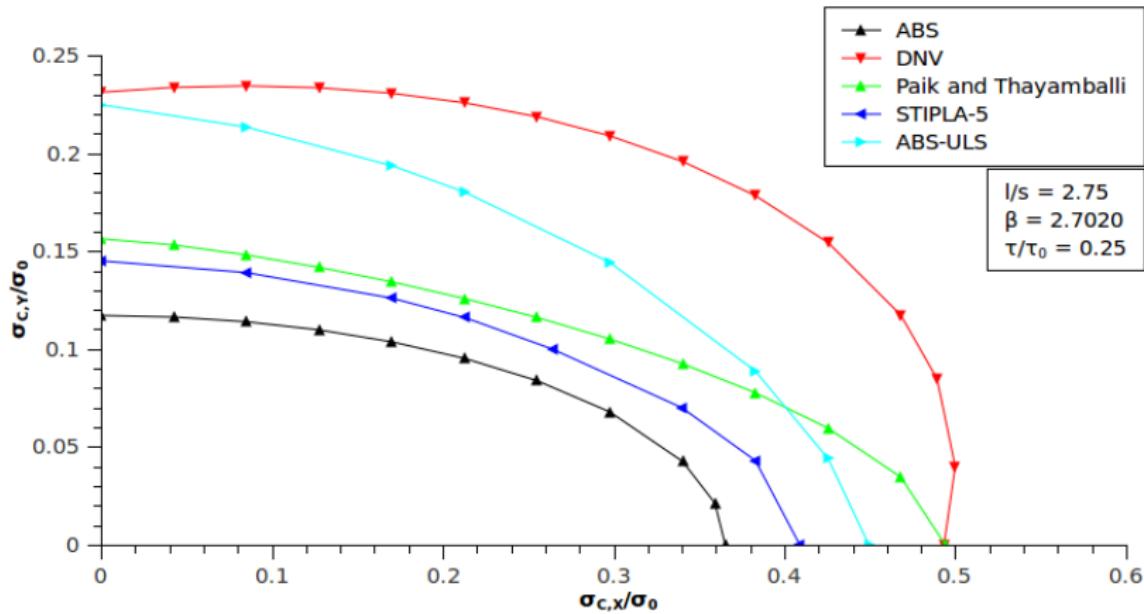
▶ Back



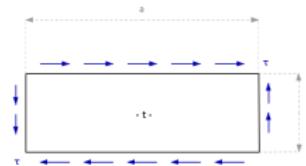
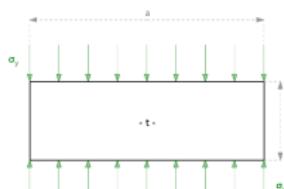
▶ Back



→ Back



▶ Back

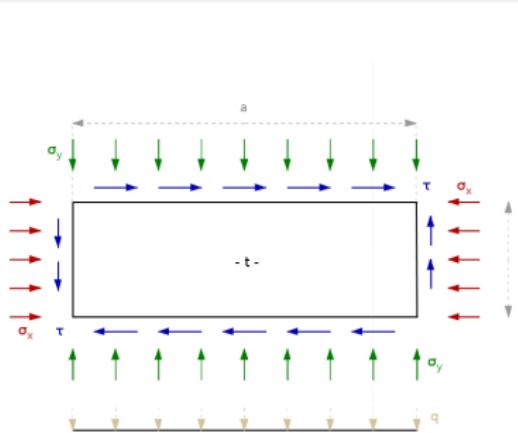


Критично напрежение при единично натоварване

$$\sigma_{x,cr} = k_\ell \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \text{ където } k_\ell = \left(\frac{mb}{a} + \frac{a}{mb}\right)^2$$

$$\sigma_{y,cr} = k_t \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \text{ където } k_t = \left[1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2\right]^2$$

$$\tau_{xy,cr} = k_s \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \text{ където } k_s = 4 \left(\frac{a}{b}\right)^2 + 5.34$$



Критерии за загуба на устойчивост при комбинирано натоварване

$$\text{ABS} - \left(\frac{\sigma_x}{\eta \sigma_{Cx}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_y}{\eta \sigma_{Cy}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{xy}}{\eta \tau_{Cx,y}} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\text{DNV} - \left(\frac{\sigma_x, \text{Sd}}{\sigma_x, \text{Rd}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_y, \text{Sd}}{\sigma_y, \text{Rd}} \right)^2 - C_i \left(\frac{\sigma_x, \text{Sd}}{\sigma_x, \text{Rd}} \right) \left(\frac{\sigma_y, \text{Sd}}{\sigma_y, \text{Rd}} \right) + \left(\frac{\tau_{xy}, \text{Sd}}{\tau_{xy}, \text{Rd}} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\text{PT} - \left[\frac{\sigma_x}{\sigma_{x,cr} \left(1 - \left(\frac{\tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}} \right)^{\alpha_{11}} \right)} \right]^{\alpha_{11}} + \left[\frac{\sigma_y}{\sigma_{y,cr} \left(1 - \left(\frac{\tau_{xy}}{\tau_{xy,cr}} \right)^{\alpha_{12}} \right)} \right]^{\alpha_{12}} \leq 1$$