
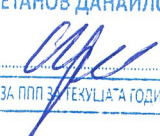





ОБЕКТ: АЕЦ „КОЗЛОДУЙ“  
ПОДОБЕКТ: Машинна зала. Блок 5 и 6  
ФАЗА: ИП  
ЧАСТ: Арх и СК

**РАЗШИРИТЕЛ НИСКО НАЛЯГАНЕ  
5,6SH10B01  
ПРОВЕРКА НА ОПОРНАТА КОНСТРУКЦИЯ**

 Секция: <b>ТЕХ</b> Част на проекта: по удостоверение за ППП	КАМАРА НА ИНЖЕНЕРИТЕ В ИНВЕСТИЦИОННОТО ПРОЕКТИРАНЕ
	ПЪЛНА ПРОЕКТАНТСКА ПРАВОСПОСОБНОСТ
	Регистрационен № 01054
	инж. СЕРГЕЙ ЦВЕТАНОВ ДАНАИЛОВ
Подпис: 	
ВАЖИ С ВАЛИДНО УДОСТОВЕРЕНИЕ ЗА ППП ЗА ТЕКУЩАТА ГОДИНА	

					№ SH10B01-DTR-ENPR-2055				
Изм.	Бр.	№ на документа	Подпис	Дата	Разширител ниско налягане 5,6SH10B01 Проверка на опорната конструкция	Стадий	Лист	Вс листа	
Разработил	1	Цветков		11.12					
Проверил		Данаилов		11.12			1	23	
									

## РЕЗЮМЕ

Този документ съдържа изчисленията, извършени за оразмеряване на елементите на укрепването на нов разширител ниско налягане 5,6SH10B01.

Местата на укрепване на разширителя, както и съществуващата опорна рамка се запазват без изменение.

Новият разширител се предвижда да се разположи на мястото на съществуващия, а именно в Машинна зала на бл.5 и 6 в АЕЦ „Козлодуй“.

Материалите от които се изработва резервоара са неръждаеми стомани – материален номер 1.4541 или подобни.

Профилите, планките и други метални елементи на укрепването на съществуващия разширител са изработени от качествена въглеродна стомана Вст3сп5, Вст3пс6, Вст3кп2 ст20, ст10 и др.

Предвижда се опорните лапи на новия разширител да се позиционират на местата за укрепването на съществуващия съд. Отворите за шпилки и самите шпилки се запазват без изменение.

Описани са детайлно входните данни.

Посочени са стандартите и формулите за изчисление.

Извършени са необходимите изчисления за проверка на носимоспособността на опорната конструкция

Изчисленията са представителни за Блок 5 и Блок 6.

					<b>№ SH10B01-DTR-ENPR-2055</b>	Лист
						2
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		

# СЪДЪРЖАНИЕ

РЕЗЮМЕ .....	2
Списък на таблиците .....	4
Списък на фигурите .....	4
Референции .....	4
1. УВОД .....	5
1.1. Цел .....	5
1.2. Кратко описание .....	5
1.3. Класификация .....	8
2. ВХОДНИ ДАННИ .....	10
2.1. Описание и произход на входните данни .....	10
2.2. Свойства на материалите .....	10
2.3. Товарни условия .....	11
2.4. Сеизмично въздействие .....	12
3. КРИТЕРИИ .....	13
3.1. Код за анализ .....	13
3.2. Изчисление на напрежения .....	13
3.3. Допустими напрежения .....	13
4. ИЗЧИСЛИТЕЛНА ПРОВЕРКА .....	15
4.1. Геометрия на модела .....	16
4.2. Гранични условия и условия на натоварване .....	17
4.3. Гранични условия и условия на натоварване .....	18
4.4. Резултати от изчисленията .....	18
5. ИЗВОДИ .....	23

### Списък на таблиците

Таблица 1 Механични свойства на стомана 1.4541 (X6CrNiTi18-10) корпус

Таблица 2 “Механични свойства на стомана Вст3сп5” опорни греди

Таблица 3 “Механични свойства на стомана 20” шпилки

Таблица 4 “Механични свойства на стомана S235” опорни лапи

Таблица 5 Машинна зала бл.5 и бл.6. изчислителен възел №251

### Списък на чертежите

№	Наименование на чертежа	№
1	Разширител ниско налягане 5,6SH10B01. Чертеж сборен	5,6SH-100-001-01

### Списък на фигурите

Фиг. 1	Схема на рамковата конструкция на разширител 5,6SH10B01 .....	6
Фиг. 2	Модел на конструкцията с нов разширител 5,6SH10B01 .....	7
Фиг. 3	Външен вид на строителната конструкция и разширител 5SH10B01.....	8
Фиг. 4	Модел на укрепването на SH10B01.....	17
Фиг. 5	Напрежения в опорите на SH10B01 при COMB3.....	19
Фиг. 6	Резултати в носещи греди на SH10B01 при COMB3.....	20
Фиг. 7	Резултати в опорна рамка на SH10B01 при COMB3.....	21

### Референции

- 1.Техническо задание №2016.30.TO.SH.T3.1410. Проектиране на нов разширителен бак на ТГ-9 и ТГ-10.
2. БДС EN 13445-3:2014 Ненагрявани съдове под налягане. Част 3: Проектиране.
3. БДС EN 13445-4:2014 Ненагрявани съдове под налягане. Част 4: Производство.
4. БДС EN 10025-1:2005 Горещовалцовани продукти от конструкционни стомани. Част 1: Общи технически условия на доставка
5. БДС EN 10025-2:2005 Горещовалцовани продукти от конструкционни стомани. Част 2: Технически условия на доставка за нелегирани конструкционни стомани
- 6.БДС EN 10028-2:2009 Плоски продукти от стомана, предназначени за работа под налягане. Част 2: Нелегирани и легирани стомани с определени свойства при повишена температура.
7. БДС EN 10028-7:2014 Плоски продукти от стомана, предназначени за работа под налягане. Част 7: Корозионноустойчиви стомани
- 8.Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПНАЭ Г-7-002-86.
- 9.Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций. НП-031-01
10. STEEL FRAME DESIGN AISC-ASD89. 2001 EDITION.

					<b>№ SH10B01-DTR-ENPR-2055</b>	Лист
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		4

## 1.УВОД

Предназначението на разширителя на продуквата 5,6SH10B01 е да приема определено количество потоци от кондензат и паровъздушни смеси при различни режими на работа на ТГ-9,10 и спомагателните системи.

По време на експлоатацията на блокове 5 и 6 и реализираните изменения в проекта, с цел намаляване на влажността на парата в I-ви, II-ри и III-ти пароотбор на турбината в разширителя са насочени допълнителни потоци, които довеждат до повишаване на нивото и налягането и влошаване на неговата ефективност

С цел отстраняване на проблема и подобряване на експлоатационните възможности на съоръжението, се предвижда проектиране и изработване на нов разширителен съд, и реконструкция на хидрозатвора.

Местата на укрепване на новия разширител, както и съществуващата опорна рамка се запазват без изменение. Опорните лапи на новия разширител се позиционират на местата за укрепването на съществуващия съд. Отворите за шпилки и самите шпилки се запазват без изменение.

### 1.1. Цел

Целта на настоящия документ е да се извършат изчисления за проверка на поведението опорните елементи (лапи) на разширителя и опорната конструкция.

Изчисленията на опорната конструкция на разширителя на продуквата 5,6SH10B01 са изпълнени в съответствие с изискванията на Реф.[1], Реф.[9], Реф.[10] и са анализирани резултатите.

### 1.2. Кратко описание

Новият разширител се предвижда да се разположи на мястото на съществуващия, а именно в Машинна зала на бл.5 и 6 в АЕЦ „Козлодуй“ с координати:

- На 6000 мм от ред (А) по посока от (А) към (Б);
- На 1500 мм от ос (5) по посока от (5) към (4);
- Носещата рамкова опорна конструкция е разположена на к.0.00.
  - Опорни лапи

Опорните лапи на новия разширител са две. Разположени са диаметрално противоположно и са ориентирани в посока север-юг. Всяка лапа се състои от следните елементи:

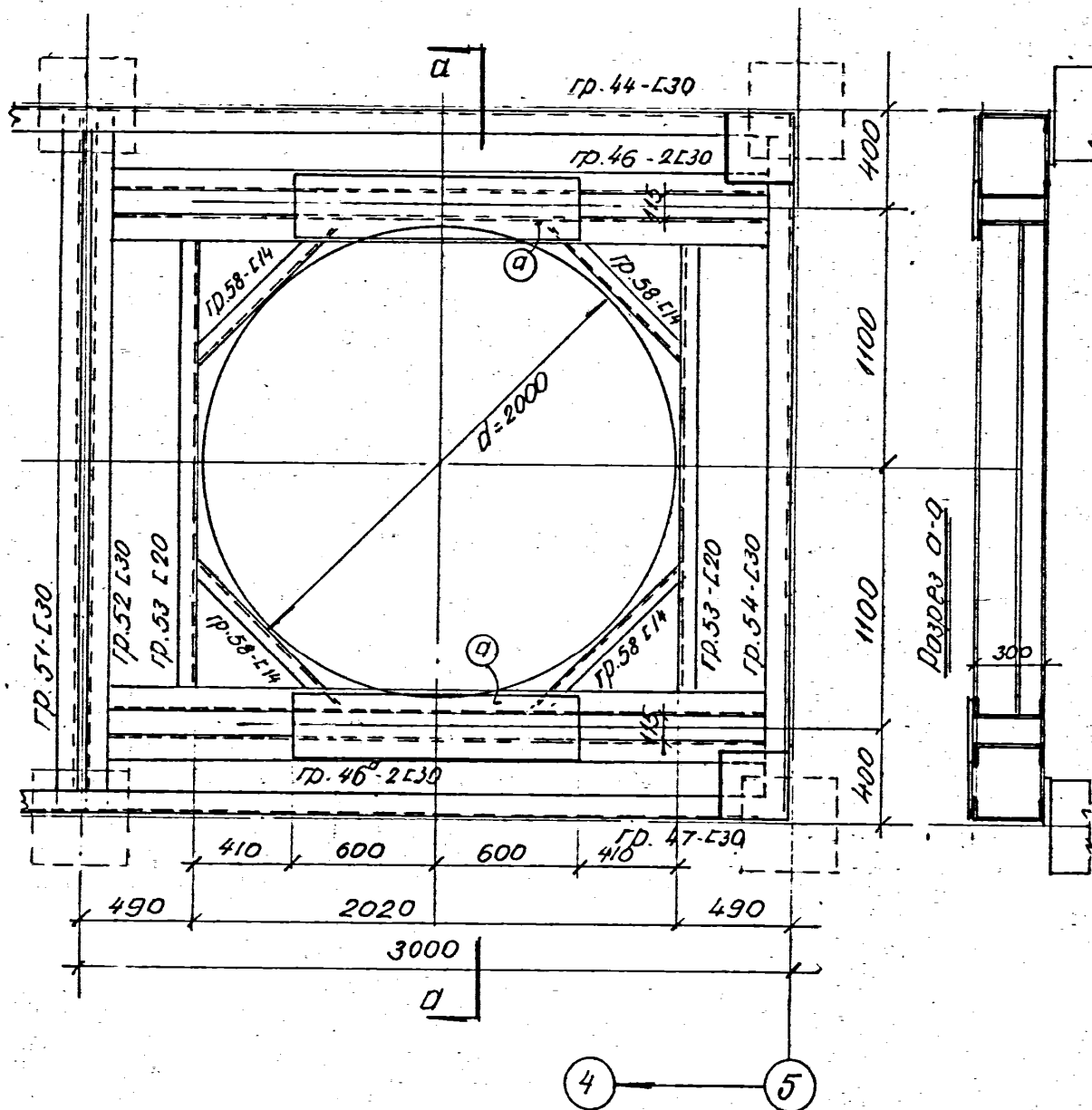
- основа 900x400x30 мм 1 бр. материал S235;
- ребра крайни 620x340x20 2 бр. материал S235;

					<b>№ SH10B01-DTR-ENPR-2055</b>	Лист
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		5

- ребра средни 620x250x20 2 бр. материал S235;
- подложна планка 990x690x10 1 бр. материал 1.4404.

- Опорни греди

Опорните лапи на новия разширител стъпват върху две успоредни носещи греди.



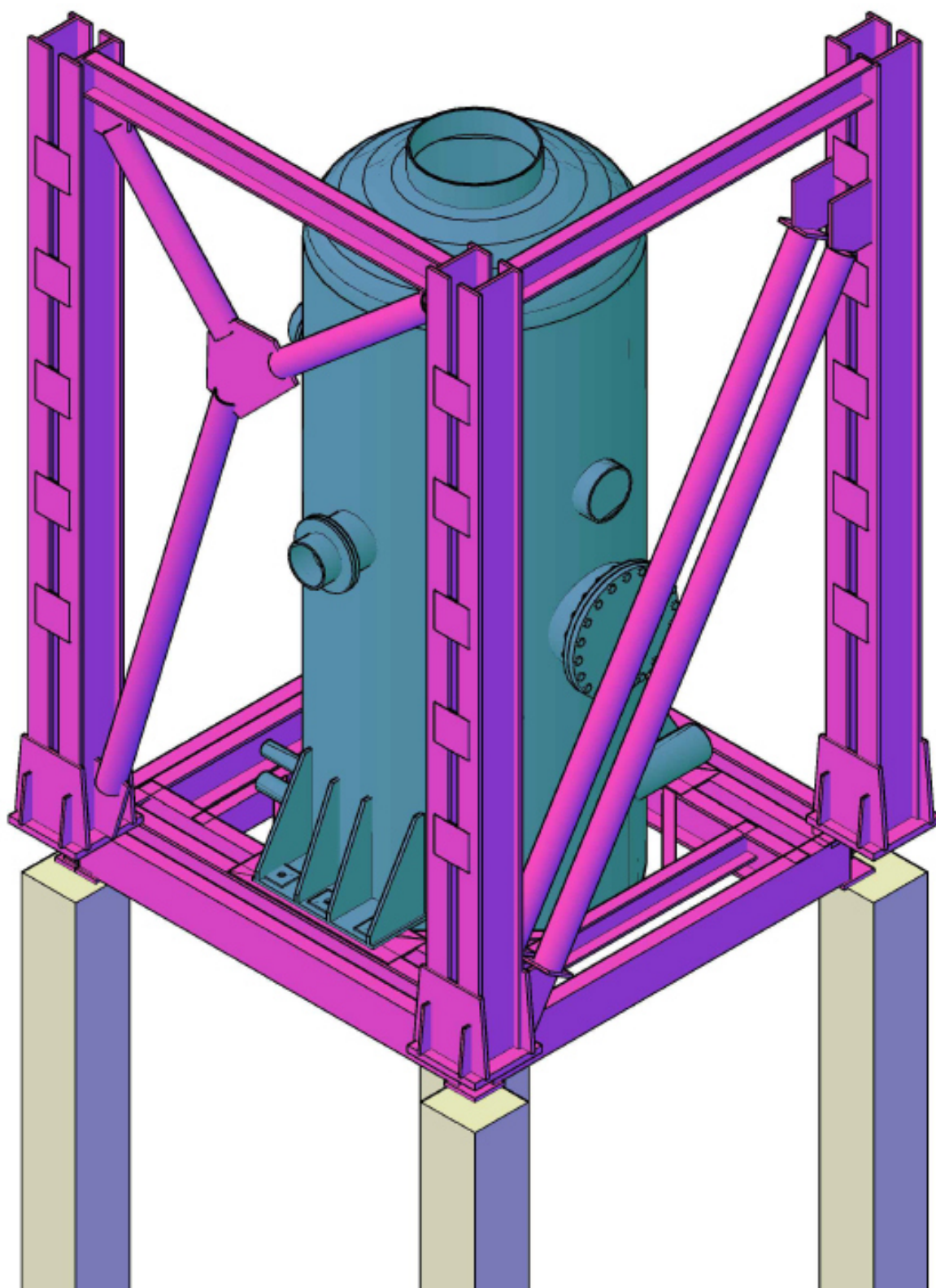
Фиг. 1 Схема на рамковата конструкция на разширител 5,6SH10B01

Всяка греда е с дължина 3000 мм и се състои от:

- два профила П-30 обърнати огледално;
- две планки 1200x300x6 2 бр.

Носещите греди за заварени към основна носеща рамка изградена от профили П-30, които стъпват върху носещите железобетонни колони 400x400, стъпващи на пода на помещението на кота -3.6 м.

					№ SH10B01-DTR-ENPR-2055	Лист 6
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		



Фиг. 2 Модел на конструкцията с нов разширител 5,6SH10B01

Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата

**№ SH10B01-DTR-ENPR-2055**

Лист

7





Фиг. 3 Външен вид на строителната конструкция и разширител 5SH10B01

### 1.3. Класификация

Класификация на разширителя на продуката 5,6SH10B01 и неговата конструкция:

					<b>№ SH10B01-DTR-ENPR-2055</b>	Лист 8
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		



- съоръжение за нормална експлоатация от клас на безопасност 4, категория 4Н съгласно ПНАЭ Г-01-11-97 (ОПБ-88/97)
- категория 3 по сеизмична устойчивост, съгласно НП-031-01.

					№ SH10B01-DTR-ENPR-2055	Лист
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		9

## 2. ВХОДНИ ДАННИ

### 2.1. Описание и произход на входните данни

При изпълнението на задачата, са отчетени следните входни данни:

- 208-14603: АЕЦ Козлодуй. Маш.зала. Кота 0.0. Участък 1. Ситуация.
- 208-14609: АЕЦ Козлодуй. Маш.зала. Кота 0.0. Участък 1. Греди: 44,45,46,53.
- Б802353СБ: Бак разширителный. Сборочный чертеж.
- Б802353ГЧ: Бак разширителный. Габаритный чертеж.
- Ескизи за разположение на конструкции, оборудване и тръбопроводи в МЗ бл.5,6 между редове (А) и (В) и оси (3) и (5) на коти -3.60, 0.00.

### 2.2. Свойства на материалите

За изготвяне на основните елементи на корпуса на дъната, фланците, и щуцерите се използва стомана материален номер 1.4541 – (X6CrNiTi18-10). Хром никелова корозионно-устойчива стомана, високолегирана, аустенитен клас: Стандарт БДС ЕН 10028-7:2016

**Таблица 1 Механични свойства на стомана 1.4541 (X6CrNiTi18-10) корпус**

Характеристики	Температура, [°C]				
	20	100	150	200	250
$R_m^{lc}$ , [MPa]	500	440	410	390	385
$R_{p0.2}^{lc}$ , [MPa]	200	176	167	157	147
$\alpha$ , [ $10^6 \cdot K^{-1}$ ]	16	16	16.25	16.5	16.75
E, [MPa]	205000	202000	200000	195000	190000

**Таблица 2 “Механични свойства на стомана ВстЗсп5” опорни греди**

Характеристика	Температура, [°C]						
	20	50	100	150	200	250	300
$R_m^T$ , [MPa]	373	363	353	353	343	323	284
$R_{p0.2}^T$ , [MPa]	245	235	235	235	235	206	186
A, [%]	26	24	22	20	20	20	20
$\alpha$ , [ $10^6 \cdot K^{-1}$ ]	11.5	11.5	11.9	12.2	12.5	12.8	13.1
E, [MPa]	200000	197000	195000	192000	190000	185000	180000

**Таблица 3 “Механични свойства на стомана 20” шпилки**

Характеристика	Температура, [°C]						
	20	50	100	150	200	250	300
$R_m^T$ , [MPa]	402	392	392	392	373	373	363

Характеристика	Температура, [°C]						
	20	50	100	150	200	250	300
$R_{p0.2}^T$ , [MPa]	216	206	206	206	196	196	177
A, [%]	19	18	18	17	16	16	16
$\alpha$ , [ $10^6 \cdot K^{-1}$ ]	11.5	11.5	11.9	12.2	12.5	12.8	13.1
E, [MPa]	200000	197000	195000	192000	190000	185000	180000
f [MPa]	144	137	137	137	131	131	118

**Таблица 4 “Механични свойства на стомана S235“ опорни лапи**

Характеристика	Температура, [°C]						
	20	100	150	200	250	300	350
$R_m^T$ , [MPa]	360						
$R_{p0.2}^T$ , [MPa]	235	198	187	170	150	132	120
A, [%]	24	24	24	24			
$\alpha$ , [ $10^6 \cdot K^{-1}$ ]	11.9	12.5	13	13	13.6	13.6	14.1
E, [MPa]	212000	207000	-	199000	-	192000	-

**Легенда:**

$R_m^{tc}$  - временно съпротивление при проектна температура;

$R_{p0.2}^{tc}$  - условна граница на провлачване (при остатъчна деформация 0.2%), при проектна температура;

A - относително равномерно удължаване;

Z - относително свиване на напречното сечение;

$\alpha$  - температурен коефициент на линейно разширение;

E - модул на еластичност;

**2.3. Товарни условия**

В този раздел са дадени условията на натоварване:

**2.2.1. Температура**

- температура на кондензат на вход съгласно Реф.[1]  $t = 80 / 250^0 C$

**2.2.2. Налягане**

- работно налягане  $p = 0,03 MPa$

- изчислително налягане  $p = 0,6 MPa$

**2.2.3. Тегло**

- тегло на резервоара празен  $\approx W = 3500 kgf$  ;

- тегло на флуида при пълен резервоар  $\approx W = 11650 kgf$  ;

					<b>№ SH10B01-DTR-ENPR-2055</b>	Лист 11
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		

## 2.4. Сеизмично въздействие

Сеизмичното въздействие е представено като спектър на реагиране за възел 251.

Основание: Report MK-DTT-SIE-0349a/ 1999.12.13: Final Response Spectra for Turbine House end Electrical Building

Коефициент на затихване 4%.

Стойността на коригиращият фактор се определя съгласно уравнение 3.6. от EN 1998-1.

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \zeta)} \geq 0,55$$

**Таблица 5 Машинна зала бл.5 и бл.6. изчислителен възел №251**

node 251 (4%)

f(Hz)	T(s)	X(g)	X(mm/s2)	Y(g)	Y(mm/s2)	Z(g)	Z(mm/s2)
0.2	<b>5.000</b>	0.0441	<b>432</b>	0.0424	<b>416</b>	0.0215	<b>211</b>
1.2	<b>0.833</b>	0.5106	<b>5009</b>	0.4775	<b>4684</b>	0.2359	<b>2314</b>
2.2	<b>0.455</b>	0.5106	<b>5009</b>	0.4604	<b>4517</b>	0.2433	<b>2387</b>
3.2	<b>0.313</b>	0.5106	<b>5009</b>	0.4604	<b>4517</b>	0.2433	<b>2387</b>
6.2	<b>0.161</b>	0.5106	<b>5009</b>	0.4604	<b>4517</b>	0.3719	<b>3648</b>
7.2	<b>0.139</b>	0.5106	<b>5009</b>	0.4604	<b>4517</b>	0.3719	<b>3648</b>
8.2	<b>0.122</b>	0.7678	<b>7532</b>	0.4604	<b>4517</b>	0.3719	<b>3648</b>
12.2	<b>0.082</b>	0.7678	<b>7532</b>	0.3742	<b>3671</b>	0.2279	<b>2236</b>
13.2	<b>0.076</b>	0.4343	<b>4260</b>	0.3698	<b>3627</b>	0.2279	<b>2236</b>
14.2	<b>0.070</b>	0.3649	<b>3580</b>	0.2410	<b>2364</b>	0.2218	<b>2176</b>
18.2	<b>0.055</b>	0.2564	<b>2515</b>	0.2264	<b>2221</b>	0.1640	<b>1609</b>
21.2	<b>0.047</b>	0.2378	<b>2333</b>	0.1954	<b>1917</b>	0.1406	<b>1379</b>

### 3. КРИТЕРИИ

#### 3.1. Код за анализ

Към проверката на опорната конструкция на разширител ниско налягане 5,6SH10B01 се прилагат изискванията на код AISC-ASD89.

#### 3.2. Изчисление на напрежения

Уравненията за изчисление на действителните напрежения в елементите се пресмятат за всяко натоварване и товарна комбинация, базирайки се на геометричните характеристики на напречните сечения:

$$\text{Напрежения на опън / натиск} \quad f_a = P / A ,$$

$$\text{Напрежение на огъване} \quad f_{b33} = M_{33} / S_{33}$$

$$\text{Напрежение на огъване} \quad f_{b22} = M_{22} / S_{22}$$

$$\text{Напрежение на срязване} \quad f_{v2} = V_2 / A_{v2}$$

$$\text{Напрежение на срязване} \quad f_{v3} = V_3 / A_{v3}$$

#### 3.3. Допустими напрежения

Граница на провлачване на материала  $F_y$

$$(a) \text{ напрежение на опън:} \quad F_a = 0,60.F_y$$

$$(b) \text{ напрежение на срязване:} \quad F_v = 0,40.F_y$$

$F_v$  средно напрежение на срязване, в ефективното напречно сечение на съпротивлението на срязване.

(с) напрежение на натиск;

$$(1)(a) \text{ при } \frac{Kl}{r} < C_c \quad : F_a = \frac{[1 - (Kl/r)^2 / (2C_c^2)] F_y}{\frac{5}{3} + (3Kl/r / (8C_c) - (Kl/r)^3 / (8C_c^3))}$$

$$(1)(b) \text{ при } \frac{Kl}{r} > C_c \quad : F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2}$$

$$\text{където} \quad : \quad C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}}$$

K: коефициент на привеждане дължината на пръта;

L: несвързана дължина или действителна геометрична дължина на сегмента;

l: Ойлерова дължина (=k.пълната дължина, k зависи от граничните условия);

r: минимален главен инерционен радиус;

					<b>№ SH10B01-DTR-ENPR-2055</b>	Лист
						13
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		



Сс: гранична стройност;

KL/r: ефективна стройност на пръта;

(d) напрежение на огъване :  $F_b = 0,66F_y$

(е) комбинирани напрежения, центричен натиск и огъване:

$$\frac{f_a}{0,60F_y} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}} \leq 1,0 \quad \text{Уравнение (ASD H1-2)}$$

$$\text{когато } \frac{f_a}{F_a} \leq 0,15 \Rightarrow \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{b33}}{F_{b33}} + \frac{f_{b22}}{F_{b22}} \leq 1,0 \quad \text{Уравнение (ASD H1-3)}$$

**Забележка:**

Стойностите на  $F_y$  (граница на провлачване при температура за условията на експлоатация), се определят от таблиците за материала:

					№ SH10B01-DTR-ENPR-2055	Лист
						14
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		

#### 4. ИЗЧИСЛИТЕЛНА ПРОВЕРКА

Комплексният числен анализ за оценка на опорната конструкция на разширител ниско налягане 5,6SH10B01 е изготвен в средата на SAP2000.

Програмната система SAP2000 е предназначена за статико-динамичен (сеизмичен) анализ и оразмеряване на елементите на равнинни и/или пространствени строителни конструкции, съставени от плочи, стени, колони и греди. Основният изчислителен програмен алгоритъм е базиран на метода “Крайни елементи”.

##### Линеен статичен анализ

Линейният статичен анализ представлява решение на системата от линейни уравнения във вида:

$$K.u = r$$

Където:

- $K$  е матрицата на коравините;
- $r$  е векторът на приложените натоварвания;
- $u$  е векторът на резултантните премествания;

Модалният анализ се извършва по метода “Eigen vectors” или „Ritz vectors”.

Анализът на собствените вектори се отнася към решението на проблема за намиране на генерализираните собствени стойности.

$$[K - \Omega^2.M]\Phi = 0$$

Където:

- $K$  е матрицата на коравините;
- $M$  е диагоналната матрица на масите;
- $\Omega^2$  е диагоналната матрица на собствените стойности;
- $\Phi$  е матрицата на кореспондиращите собствени вектори.

Сеизмичните изчисления се провеждат по метода “Response Spectrum”.

Динамичното уравнение на равновесие асоцииращо се с отговора на структурата при движение на земната основа, се дава с израза:

$$K.u(t) + C.\dot{u}(t) + M.\ddot{u}(t) = m_x.\ddot{u}_{gx}(t) + m_y.\ddot{u}_{gy}(t) + m_z.\ddot{u}_{gz}(t)$$

Където:

- $K$  е матрицата на коравините;
- $M$  е диагоналната матрица на масите;
- $C$  е пропорционалната матрица на демпфиране;

					<b>№ SH10B01-DTR-ENPR-2055</b>	Лист
						15
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		

- $u, \dot{u}, \ddot{u}$  са относителните премествания, скорости и ускорения.
- $m_x, m_y, m_z$  са единичните ускорителни натоварвания.

Изготвени са два основни типа анализ: модален и спектрален.

Модалният анализ определя вибрационните характеристики – собствените честоти и собствените форми на структурата, която е обект на проверка. Модалният анализ в SAP2000 е линеен анализ. Всякакви нелинейности, такива като пластичност или контактни елементи се игнорират, дори и ако са дефинирани.

Поискани са 12 собствени форми за анализиране и генериране за процесора с крайни резултати.

След изготвяне на модалния анализ се пристъпва към спектрален анализ. Само линейно поведение е валидно при спектралния анализ. Нелинейните елементи, ако съществуват се третират като линейни.

За спектралния анализ следните опции са въведени:

- извършване на моносектрален анализ (SPRS – single-point response spectrum);
- коефициент на демпфиране 0,04
- въведени са спектрите посочени в т.2.4. в посоки 1, 2, 3;
- метод на комбиниране (SRSS square root of sum of squares)

#### 4.1. Геометрия на модела

Конструкцията на разширителя е моделирана с повърхностни (Shell) елементи.

Конструкцията на опорните лапи е моделирана с повърхностни (Plate) елементи

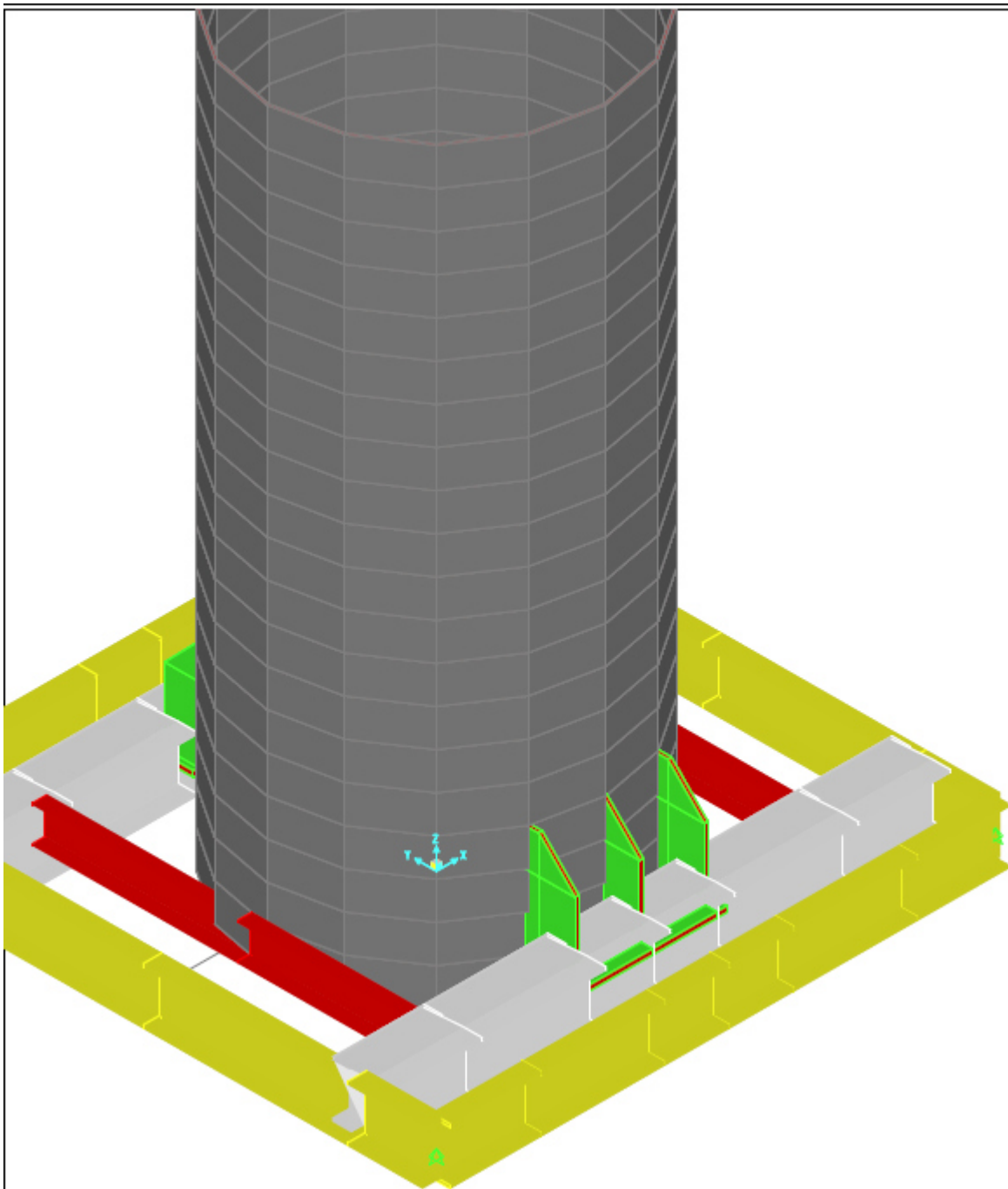
Опорната рамкова конструкция е изработена от горещо валцовани П-профили: П-30, П24, П-20, П-14.

Конструкцията и се състои от:

- Главна носеща Рамка в основата, изготвена от профили П-30;
- Опорни греди изработени от сдвоени профили П-30;
- Спомагателни греди изработени от профили П-20;
- Диагонали при ъглите от профили П-14.

Координатната система е глобална, картезианска с начална точка (0,0,0) в основата на рамката. Модела е изграден в класическа последователност (отдолу – нагоре). Първо са дефинирани опорни точки и линии. След това се изграждат примитиви: линии и повърхности. Накрая се развиват подходящи обеми, които да отговарят достатъчно точно на действителната геометрия на елемента.

					<b>№ SH10B01-DTR-ENPR-2055</b>	Лист
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		16



Фиг. 4 Модел на укрепването на SH10B01

#### 4.2. Гранични условия и условия на натоварване

В модела са използвани следните гранични условия:

Гранични условия за опорната конструкция на разширител ниско налягане 5,6SH10B01: 4 възела при закрепване на опорната конструкция към носещите железобетонни колони.

- фиксиране на преместванията по оси (DX), (DY), (DZ);

Условия на натоварване референтна температура:

					№ SH10B01-DTR-ENPR-2055	Лист 17
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		

Температура в елементите на опорните лапи  $t = 250^{\circ}\text{C}$

Температура в елементите на рамката  $t = 50^{\circ}\text{C}$

- собствено тегло на елементите в конструкцията  $DW_e$  (автоматична генерация)
- тегло на корпуса  $DW_1 = 35000\text{N}$
- тегло на флуида (60% запълване)  $DW_2 = 70000\text{N}$
- спектър на реагиране  $EL = OBE$
- Комбинация 1  $COMB1 = 1.0DW$
- Комбинация 2  $COMB2 = 1.0DW + 1.0EL$
- Комбинация 3  $COMB3 = 1.0DW - 1.0EL$

#### 4.3. Гранични условия и условия на натоварване

Данните за собствените форми на опорната конструкция и разширител ниско налягане 5,6SH10B01 са показани по долу:

Първите 5 собствени форми на 5,6SH10B01 са:

5,6SH10B01 - Deformed Shape (MODAL) - Mode 1  $T = 0.11948$ ;  $f = 8.37\text{ Hz}$

5,6SH10B01 - Deformed Shape (MODAL) - Mode 2  $T = 0.1093$ ;  $f = 9.15\text{ Hz}$

5,6SH10B01 - Deformed Shape (MODAL) - Mode 3  $T = 0.1026$ ;  $f = 9.75\text{ Hz}$

5,6SH10B01 - Deformed Shape (MODAL) - Mode 4  $T = 0.082$ ;  $f = 12.2\text{ Hz}$

5,6SH10B01 - Deformed Shape (MODAL) - Mode 5  $T = 0.055$ ;  $f = 18.2\text{ Hz}$

#### 4.4. Резултати от изчисленията

Действителните напрежения са изчислени чрез определяне на:

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2; S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3; S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1;$$

Където  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  са трите главни напрежения

Еквивалентните напрежения (Von Mises stress) математически се представят чрез уравнението:

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}, \text{ където } \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3 \text{ са трите главни напрежения}$$

допустими напрежения  $[\sigma] = 0,66.R_{p0.2}^T = 125\text{MPa};$

Получени са следните резултати от изчисленията:

**опорни лапи:**

Комбинация 1  $COMB1 = 1.0DW$

максимални напрежения  $S_{11} = 73,25\text{MPa};$

					<b>№ SH10B01-DTR-ENPR-2055</b>	Лист
						18
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		



Комбинация 2/3

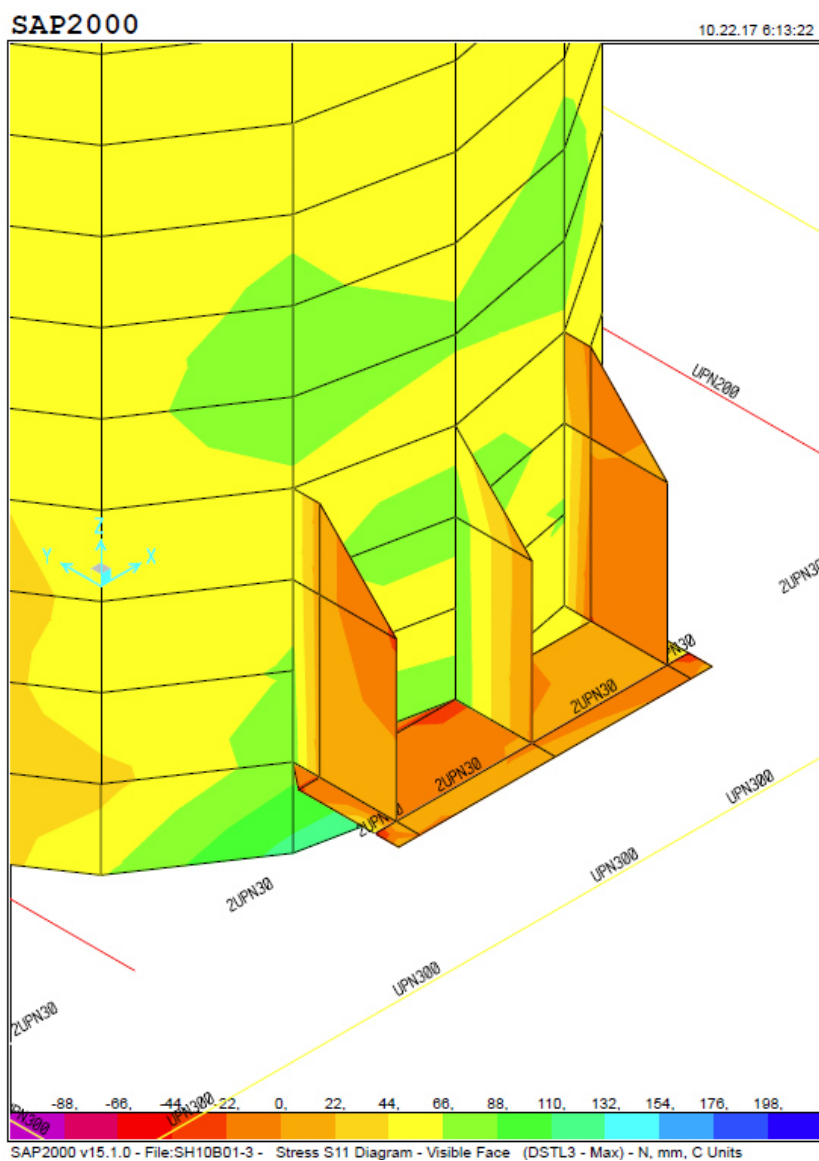
$$COMB2 = COMB3 = 1.0DW \pm 1.0EL$$

максимални напрежения

$$S_{11} = 84,36MPa;;$$

За всички товарни случаи и товарни комбинации е изпълнено условието:

$$S_{ij} \leq [\sigma] = 90MPa$$



Фиг. 5 Напрежения в опорите на SH10B01 при COMB3

Максималните напрежения са в стената на средното ребро. Конструктивно се предвижда монтиране на две еднакви ребра разположени симетрично на отвора на средната шпилка.

**опорна конструкция (носеци греди – сдвоен профил П-30):**

Комбинация 3

$$COMB2 = COMB3 = 1.0DW \pm 1.0EL$$

максимални огъващи напрежения

$$f_b = 36,87MPa;;$$

Допустими напрежения

$$F_b = 155MPa;$$

Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата

**№ SH10B01-DTR-ENPR-2055**

Лист

19

**AISC-ASD89 STEEL SECTION CHECK**

Combo : DSTL3  
Units : N, mm, C

Frame : 23                      Design Sect: 2UPN30  
X Mid : -173,000              Design Type: Beam  
Y Mid : -1100,000            Frame Type : Moment Resisting Frame  
Z Mid : 200,000              Sect Class : Compact  
Length : 346,000            Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3  
Loc : 346,000              RLLF : 1,000

Area : 11130,000            SMajor : 1020765,000            rMajor : 117,290            AVMajor: 5700,000  
IMajor : 153114750,00       SMinor : 598445,413            rMinor : 92,025            AVMinor: 6000,000  
IMinor : 94255152,500       ZMajor : 1201275,000           E : 210000,000  
Ixy : 0,000                  ZMinor : 964342,500            Fy : 235,000

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
346,000	-18,171	37639888,7	-455213,863	-17951,689	5,960E-04	-301739,860

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO**

Governing Equation	Total Ratio	P Ratio	MMajor Ratio	MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-3)	0,243	= 0,000	+ 0,238	+ 0,005	0,950	OK

**AXIAL FORCE DESIGN**

	P Force	fa Stress	Fa Allowable	Ft Allowable
Axial	-18,171	0,002	139,469	141,000

**MOMENT DESIGN**

	M Moment	fb Stress	Fb Allowable	Fe Allowable	Cm Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Moment	37639888,7	36,874	155,100	124263,081	0,933	1,000	1,000	1,083
Minor Moment	-455213,863	0,761	141,000	76494,496	1,000	1,000	1,000	

**SHEAR DESIGN**

	V Force	fv Stress	Fv Allowable	Stress Ratio	Status Check	T Torsion
Major Shear	17951,689	3,149	94,000	0,034	OK	0,000
Minor Shear	5,960E-04	0,000	94,000	0,000	OK	0,000

Фиг. 6 Резултати в носещи греди на SH10B01 при COMB3

**опорна конструкция (опорна рамка – профил П-30):**

Комбинация 3                       $COMB2 = COMB3 = 1.0DW \pm 1.0EL$

максимални огъващи напрежения                       $f_b = 21,9MPa$ ; ;

Допустими напрежения                       $F_b = 141MPa$ ;

**AISC-ASD89 STEEL SECTION CHECK**

Combo : DSTL3  
Units : N, mm, C

Frame : 12	Design Sect: UPN300		
X Mid : -1500,000	Design Type: Beam		
Y Mid : -550,000	Frame Type : Moment Resisting Frame		
Z Mid : 200,000	Sect Class : Compact		
Length : 1100,000	Major Axis : 0,000 degrees counterclockwise from local 3		
Loc : 1100,000	RLLF : 1,000		
Area : 5874,000	SMajor : 534800,000	rMajor : 116,862	AVMajor: 3000,000
IMajor : 80220000,000	SMinor : 67550,937	rMinor : 29,000	AVMinor: 2667,000
IMinor : 4940000,000	ZMajor : 646900,000	E : 210000,000	
Ixy : 0,000	ZMinor : 144600,000	Fy : 235,000	

**STRESS CHECK FORCES & MOMENTS**

Location	P	M33	M22	V2	V3	T
1100,000	-76,528	11707348,58	-948,236	-1,936E-04	1,593E-04	-5,220E-04

**PMM DEMAND/CAPACITY RATIO**

Governing	Total	P	MMajor	MMinor	Ratio	Status
Equation	Ratio	Ratio	Ratio	Ratio	Limit	Check
(H1-3)	0,155	= 0,000	+ 0,155	+ 0,000	0,950	OK

**AXIAL FORCE DESIGN**

	P	fa	Fa	Ft
	Force	Stress	Allowable	Allowable
Axial	-76,528	0,013	105,872	141,000

**MOMENT DESIGN**

	M	fb	Fb	Fe	Cm	K	L	Cb
	Moment	Stress	Allowable	Allowable	Factor	Factor	Factor	Factor
Major Moment	11707348,58	21,891	141,000	1640,887	1,000	1,000	2,727	1,000
Minor Moment	-948,236	0,014	141,000	187,897	1,000	1,000	2,000	

**SHEAR DESIGN**

	V	fv	Fv	Stress	Status	T
	Force	Stress	Allowable	Ratio	Check	Torsion
Major Shear	1,936E-04	0,000	94,000	0,000	OK	0,000
Minor Shear	1,593E-04	0,000	94,000	0,000	OK	0,000

**Фиг. 7 Резултати в опорна рамка на SH10B01 при COMB3****опорна конструкция (шпилки 3xM36):**

Максималните сили се отчитат в средната шпилка (възел 343, 371)

Комбинация 3  $COMB2 = COMB3 = 1.0DW \pm 1.0EL$

максимални сили  $F_x = 6618N; F_z = 43000N;$

1. Допустимо напрежение за шпилка  $[\tau]$

$$[\tau] = \frac{0,62.R_m^T}{3} = \frac{0,62.392}{3} = 81MPa$$

2. Допустимо напрежение на смачкване  $[\sigma]$

$$[\sigma] = \frac{R_m^T}{1,5} = \frac{392}{1,5} = 261MPa$$

3. Коефициент отчитащ деформацията на навивките на резбата

					<b>№ SH10B01-DTR-ENPR-2055</b>	Лист 21
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		

$K_m = 0,75$  - за първа стъпка;  $K_m = 0,70$  - за втора стъпка

4. Усилие на затягане на шпилките по проект:  $F_w = 60000N$  по проект
5. Коефициент за непълното оползотворяване на профила  $K_1 = 0,87$  за отвор
6. Коефициент за непълното оползотворяване на профила  $K_1 = 0,75$  за метрична резба на шпилка
7. Размер на шпилката  $M36 \times 4$
8. Брой на шпилките  $z = 1$
9. Стъпка на резбата  $P = 4mm$
10. Вътрешен диаметър на резбата  $d_1 = 32,25mm$
11. Брой на навивките участващи в съединението  $n = 10$
12. Ход на резбата  $h = n.P = 10.4 = 40mm$
13. Напрежение в навивките на шпилката

$$\tau_s = \frac{F_w}{\pi \cdot d_1 \cdot h \cdot z \cdot K_1 \cdot K_m} = \frac{60000}{3,14 \cdot 32,25 \cdot 40 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,725} = 27,2MPa$$

14. Проверка на якост на смачкване

$$\sigma_s = \frac{4 \cdot F_w}{\pi \cdot z \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot K_m \cdot n} = \frac{4 \cdot 60000}{3,14 \cdot 1 \cdot (36^2 - 32,25^2) \cdot 0,725 \cdot 10} = 41,2MPa$$

**Проверка:**

За резба на шпилка  $\tau_s = 27,2MPa \leq 81MPa$

За смачкване  $\sigma_s = 41,2MPa \leq 261MPa$

При нормални условия съединението е оразмерено и може да понесе предвидените усилия на затягане и условия на работа.

**Забележка:** Проверка на стоманобетонните колони не е необходима, конструкцията е оразмерена за натоварване от 20 т.

Максималното натоварване от новия разширител е 10.5 т при 60% запълване

					<b>№ SH10B01-DTR-ENPR-2055</b>	Лист
						22
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		

## 5. ИЗВОДИ

След проверка на опорната конструкция на разширител ниско налягане 5,6SH10B01 следните изводи могат да бъдат направени:

- Конструкцията на опорните лапи е проверена и може да изпълнява своето предназначение при следните размери:
  - основа 900x400x30 мм 1 бр. материал S235;
  - ребра крайни 620x340x20 2 бр. материал S235;
  - ребра средни 620x250x20 2 бр. материал S235;
  - подложна планка 990x690x10 1 бр. материал 1.4404.
- Съществуващата рамкова опорна конструкция може да изпълнява своето предназначение
- Закрепването на лапите на разширителя с шпилки M36x4 към опорната рамка и проверено и може да изпълнява своето предназначение.

					<b>№ SH10B01-DTR-ENPR-2055</b>	Лист
						23
Изм.	Бр.	№ на докум.	Име	Дата		