



Agip KCO

AGIP KAZAKHSTAN NORTH CASPIAN OPERATING COMPANY

АДЖИП КАЗАХСТАН НОРТ КАСПИАН ОПЕРЕЙТИНГ КОМПАНИ

ESKENE WEST RAIL PROJECT

ПРОЕКТ Ж/Д КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОГО ЕСКЕНЕ

DOCUMENT TITLE НАИМЕНОВАНИЕ ДОКУМЕНТА		CALCULATION OF DETAIL. РАСЧЕТ УЗЛОВ.				
P/O DESCRIPTION ОПИСАНИЕ ЗАКАЗА НА ПОСТАВКУ		SUPPLY OF STRUCTURAL: PAINTED PREFABRICATED STEEL SECTIONS FOR BUILDINGS PIPERACKS AND STRUCTURES – PART 2. ПОСТАВКА ОКРАШЕННЫХ СБОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ЗДАНИЙ, ТРУБНЫХ ЭСТАКАД И СООРУЖЕНИЙ – ЧАСТЬ 2.				
PURCHASE ORDER NO НОМЕР ЗАКАЗА		PWKC02A	CONTRACT NO НОМЕР КОНТРАКТА	2009-0216		
SUPPLIER DOCUMENT NUMBER НОМЕР ДОКУМЕНТА ПОСТАВЩИКА		TR01-PWKC02A-CCT-G03-0001	SUPPLIER DOCUMENT REV РЕВ ДОКУМЕНТА ПОСТАВЩИКА	01		
SUPPLIER ПОСТАВЩИК		Caspian Contractors Trust LLF ТОО Каспийан Контракторс Траст				
TAG NUMBER НОМЕР КОДОВЫХ МЕТОК ОБОРУДОВАНИЯ		N/A				
<input type="checkbox"/>	I	ACCEPTED FOR INFORMATION ONLY. SUBMIT RUSSIAN TRANSLATION IF REQUIRED ПРИНЯТО ТОЛЬКО ДЛЯ ИНФОРМАЦИИ. ПРЕДОСТАВИТЬ РУССКИЙ ПЕРЕВОД, ЕСЛИ ТРЕБУЕТСЯ				
<input type="checkbox"/>	R	RETURNED WITH COMMENTS. REVISE & RESUBMIT FOR FURTHER REVIEW ВОЗВРАЩЕНО С ЗАМЕЧАНИЯМИ. ПЕРЕСМОТРЕТЬ И ПОВТОРНО ПРЕДСТАВИТЬ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО РАССМОТРЕНИЯ				
<input type="checkbox"/>	U	UNACCEPTABLE- MAJOR COMMENTS. REVISE & RESUBMIT FOR FURTHER REVIEW. WORK SHALL NOT PROCEED IN THE AFFECTED AREAS UNTIL COMMENTS ARE RESOLVED. НЕПРИЕМЛЕМО- ЗНАЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ. ПЕРЕСМОТРЕТЬ И ПОВТОРНО ПРЕДСТАВИТЬ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО РАССМОТРЕНИЯ. РАБОТА В ЗАТРОНУТЫХ ЧАСТЯХ НЕ БУДЕТ ПРОДОЛЖЕНА ДО УСТРАНЕНИЯ				
<input type="checkbox"/>	F	ACCEPTED – NO COMMENTS. SUBMIT RUSSIAN TRANSLATION IF REQUIRED ПРИНЯТО – БЕЗ ЗАМЕЧАНИЙ. ПРЕДОСТАВИТЬ РУССКИЙ ПЕРЕВОД, ЕСЛИ ТРЕБУЕТСЯ				
<input type="checkbox"/>	T	RUSSIAN TRANSLATION ACCEPTED – NO COMMENTS. РУССКИЙ ПЕРЕВОД ПРИНЯТ – БЕЗ ЗАМЕЧАНИЙ				
REVIEWING ENGINEER'S NAME (PRINT), SIGNATURE & DATE: РЕЦЕНЗИРУЮЩИЙ ИНЖЕНЕР (ПЕЧАТЬЮ), ПОДСИГН И ДАТА:						
NAME: ИМЯ:	SIGN: ПОДСИГН:	DATE: ДАТА:				
PROJECT DOC NO. & SUBMISSION TO BE COMPLETED IN THE BOXES BELOW № ПРОЕКТНОГО ДОКУМЕНТА И ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ ВЫПОЛНЯТЬ В КЛЕТКАХ НИЖЕ						
TR01	M2	PWKC02A	G03	0001	000	01
ASSET ОБЪЕКТ	SUB PROJECT СУБПРОЕКТ	PURCHASE НОМЕР ЗАКАЗА	SDRS CODE КОД SDRS	SEQUENCE No. ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	SHEET No. НОМЕР ЛИСТА	REV РЕВ

УЗЕЛ MC-1

Болты класса прочности 8.8 - М24 В. ГОСТ 7798

Эл-ты: Колонна - 40Ш1
Балка - 35Ш1
Нагрузки и момент на узел

A = 105кН 10710,0 кгс - Осевая сила
S_v = 240кН 24480,0 кгс - Усилие поперечного сдвига
M = 240кН 24480,0 кгс·м - Момент

I. Расчет болтового соединения
Усилия воспринимаемое одним болтом

1. Расчет на срез

N_{sh}=S_v/(Y_c*n) ≤ R_{bs}*Y_b*A_b*n_s
N_{sh} = 24480 / (1 * 8) ≤ 3200 * 0,90 * 4,52 * 1
N_{sh} = 3060 кгс ≤ 13018 кгс

где: R_{bs} - 3 200 кгс/см², - расч.сопр. болтовых соед.на срез
Y_c - 1,00 - коэффициент условий работы
Y_b - 0,90 - коэффициент условий работы
n_s - 1 - число расч. срезов 1 болта

2. Расчет на смятие

N_{col}=S_v/(Y_c*n) ≤ R_{bp}*Y_b*d*Σt
N_{col} = 24480 / (1 * 8) ≤ 6600 * 0,90 * 2,40 * 3,50
N_{col} = 3060 кгс ≤ 49896 кгс

где: R_{bp} - 6 600 кгс/см², - расч.сопр. болт-х соед.на смятие
d - 2,40 см, - диаметр болта расчетная
Y_c - 1,00 - коэффициент условий работы
Y_b - 0,90 - коэффициент условий работы
Σt - 3,50 см, - наименьшая суммарная толщ. эл-ов, сним-х в одном направлении,сумма толщ.стенки проф. и примыкающей торцевой пластины

(*) - п. 2.25 "Расчет стальных конструкций" Я. М. Лихтарников

3. Расчет на растяжение

N=A/(Y_c*n) ≤ R_{bt}*A_{bn}
N_t = 10710 / (1 * 8) ≤ 4000 * 3,52
N_t = 1339 кгс ≤ 14080 кгс

где: R_{bt} - 4 000 кгс/см², - расч. сопр. болт-х соед. на рас-е
1,00 - коэффициент условий работы

4.* Болты, работающие на срез от одновр-го действия прод. силы и момента, рассчит.на равнодейст. усилие

N_{max} ≤ N_t; N_b; N_{col}
6392 кгс ≤ 14080 кгс; 13018 кгс; 49896 кгс
N_{max} = √((M * a_{max}) / (k * Σa²)² + (S_v / n_s)²
Σa² = 184² / 100 + 274² / 100 + 364² / 100 = 2414,28 см²
N_{max} = √((24480 * 364) / (2 * 2414,28))² + (24480 / 4)² = 6392 кгс

где: k = 2 - число вертикальных рядов болтов
n_s = 4 - количество болтов в одну сторону

Расстояние между болтами по нарастающей

a₁ = 184 мм
a₂ = 274 мм
a₃ = 364 мм

II. Расчет фланца

1. Расчет толщины фланца примыкающей балки

δ_w ≥ 1/2 √ 3 * N_t * b / (l_t * R_j)
2,5 ≥ 1/2 √ 3 * 72608 * (120 / 1000) / ((584 / 1000) * 3050)
2,5 см ≥ 1,92 см

N_t = M/a_{max} + A/2
N_t = 24480 / (364 / 1000) + 10710 / 2 = 72608 кгс

где: N_t - кгс, - одновр-ое дейст.осевой силы и момента
R_y - 3 050 кгс/см², - расчетное сопр. стали фланца
a_{max} - 364 мм, - макс.расст.между отверстиями
δ_w - 25 мм, - принимаемая толщина пластины

III. Расчет сварных швов

1. Поперечный шов: напряж-е на срез по металлу шва

δ_{wf} ≤ R_{wf}*Y_{wf}*Y_c
1125 кгс/см² ≤ 2200 * 0,85 * 1
1125 кгс/см² ≤ 1870 кгс/см²
δ_{wf} = N_t/(β_z*k_f*l_{wf})
δ_{wf} = 72608 / (0,90 * 10 / 10 * 717 / 10) = 1125 кгс/см²

где: R_{wf} - 2 200 кгс/см²- расч.сопр.металла швов (угловой)
Y_{wf} - 0,85 - коэффициент условий работы шва
Y_c - 1,00 - коэффициент условий работы
β_z - 0,90 - значение коэффициента при катете шва

2. Поперечный шов: напряжение на срез по металлу границы плавления

δ_w ≤ R_w*Y_w*Y_c
964 кгс/см² ≤ 2000 * 0,85 * 1
964 кгс/см² ≤ 1700 кгс/см²
δ_w = N_t/(β_z*k_f*l_w)
δ_w = 72608 / (1,05 * 10 / 10 * 717 / 10) = 964 кгс/см²
R_w = R_{wf} / 1,1 = 2200 / 1,1 = 2000 кгс/см²

УЗЕЛ MC-1

Bolt class strength 8.8 - M24 B. GOST 7798

Elements: Column - 40W1
Beam - 35W1
Connection force and moment

A = 105kN 10710,0 kgf - Axial
S_v = 240kN 24480,0 kgf - Shear vertical
M = 240kN 24480,0 kgf·m - Moment

I. Bolted connection calculation
The force taken by 1 bolt

1. Shear analysis

N_{sh}=S_v/(Y_c*n) ≤ R_{bs}*Y_b*A_b*n_s
N_{sh} = 24480 / (1 * 8) ≤ 3200 * 0,90 * 4,52 * 1
N_{sh} = 3060 kgf ≤ 13018 kgf

where:
R_{bs} - 3 200 kgf/cm², - design allowable shear stress
Y_c - 1,00 - coefficient of working conditions
Y_b - 0,90 - coefficient of working conditions
n_s - 1 - number of design bolt shears for 1 bolt

2. Collapse calculation

N_{col}=S_v/(Y_c*n) ≤ R_{bp}*Y_b*d*Σt
N_{col} = 24480 / (1 * 8) ≤ 6600 * 0,90 * 2,40 * 3,50
N_{col} = 3060 kgf ≤ 49896 kgf

where:
R_{bp} - 6 600 kgf/cm², - design allowable bearing
d - 2,40 cm, - diameter bolt
Y_c - 1,00 - coefficient of working conditions
Y_b - 0,90 - coefficient of working conditions
Σt - 3,50 cm, - min.total thickness of members mashed in the line of the force action

(*). - p. 2.25 "Design of structural steel" J. M. Liharnikov

3. Tension analysis

N=A/(Y_c*n) ≤ R_{bt}*A_{bn}
N_t = 10710 / (1 * 8) ≤ 4000 * 3,52
N_t = 1339 kgf ≤ 14080 kgf

where:
R_{bt} - 4 000 kgf/cm², - design allowable tension stress
Y_c - 1,00 - coefficient of working conditions

4. We calculate bolts in shear from simultaneous action longitudinal force and moment for total force

M_{max} ≤ N_t; N_b; N_{col}
6392 kgf ≤ 14080 kgf; 13018 kgf; 49896 kgf
N_{max} = √((M * a_{max}) / (k * Σa²)² + (S_v / n_s)²
Σa² = 184² + 274² + 364² = 2414,28 cm²
N_{max} = √((24480 * 364) / (2 * 2414,28))² + (24480 / 4)² = 6392 kgf

where: k = 2 - number of bolt vertical rows
n_s = 4 - quantity of bolts to the side

The distance between the bolts on the rise
a₁ = 184 mm
a₂ = 274 mm
a₃ = 364 mm

IV. Проверка стенки колонны

1. Усиление стенки колонны не требуется, при выполнении следующих условий

T_r ≤ T_{per}
1617 кгс/см² ≤ 2525 кгс/см²
T_r = (N_t + S_v) / A_{cw}
T_r = (72608 + 24480) / 60,06 = 1617 кгс/см²
A_{cw} = δ_{cw} * a_N
A_{cw} = 16,5 * 364 / 100 = 60,06 кгс/см²
T_{per} = √((1,15 * R_u)² - δ²) / 3
T_{per} = √((1,15 * 4600)² - 2975²) / 3 = 2525 кгс/см²
δ = √(δ_z² + 3 * r²
δ = √(1414² + 3 * 1511²) = 2975 кгс/см²
δ_z = S/F_k + M/W_k
δ_z = 24480 / 135,95 + (24480 * 100) / 1983,40 = 1414 кгс/см²
r = N_t / (0,8 * A_{cw})
r = 72608 / (0,8 * 60,06) = 1511 кгс/см²
T ≤ R_s
1511 кгс/см² ≤ 2596 кгс/см²
R_s = 0,58 * R_{un} / Y_m
R_s = 0,58 * 4700 / 1,05 = 2596 кгс/см²

II. Flange calculation

1. Calculation flange thickness adherent beams

δ₁ ≥ 1/2 √ 3 * N_t * b / (l_t * R_j)
2,5 ≥ 1/2 √ 3 * 72608 * (120 / 1000) / ((584 / 1000) * 3050)
2,5 cm ≥ 1,92 cm

N_t = M/a_{max} + A/2
N_t = 24480 / (364 / 1000) + 10710 / 2 = 72608 kgf

where:
N_t - кгс, - simultaneous action of axial force & moment
R_y - 3 050 kgf/cm², - design resistance steel of flange
a_{max} - 364 mm, - max.distance between holes
δ₁ - 25 mm, - assumed plate thickness

III. Weld calculation

1. Transverse weld: shear tension by weld metal

δ_{wf} ≤ R_{wf}*Y_{wf}*Y_c
1125 кгс/см² ≤ 2200 * 0,85 * 1
1125 кгс/см² ≤ 1870 кгс/см²
δ_{wf} = N_t/(β_z*k_f*l_{wf})
δ_{wf} = 72608 / (0,90 * 10 / 10 * 717 / 10) = 1125 кгс/см²

where:
R_{wf} - 2 200 kgf/cm², - design resistance weld metal(angular)
Y_{wf} - 0,85 - coefficient of working conditions of weld
Y_c - 1,00 - coefficient of working conditions
β_z - 0,90 - coefficient value at weld leg

2. Transverse weld: shear tension by frame melting metal

δ_{wz} ≤ R_{wz}*Y_{wz}*Y_c
1589 кгс/см² ≤ 2200 * 0,85 * 1
1589 кгс/см² ≤ 1870 кгс/см²
δ_{wz} = N_t/(β_z*k_f*l_{wz})
δ_{wz} = 72608 / (0,90 * 8 / 10 * 544 / 10) = 1589 кгс/см²

where:
R_{wz} - 2 200 kgf/cm², - design resistance weld metal(angular)
Y_{wz} - 0,85 - coefficient of working conditions of weld
Y_c - 1,00 - coefficient of working conditions
β_z - 1,05 - coefficient value at weld leg

IV. Verification column web

1. Strengthening column web is not required when the following conditions

T_r ≤ T_{per}
1617 кгс/см² ≤ 2525 кгс/см²
T_r = (N_t + S_v) / A_{cw}
T_r = (72608 + 24480) / 60,06 = 1617 кгс/см²
A_{cw} = δ_{cw} * a_N
A_{cw} = 16,5 * 364 / 100 = 60,06 кгс/см²
T_{per} = √((1,15 * R_u)² - δ²) / 3
T_{per} = √((1,15 * 4600)² - 2975²) / 3 = 2525 кгс/см²
δ = √(δ_z² + 3 * r²
δ = √(1414² + 3 * 1511²) = 2975 кгс/см²
δ_z = S/F_k + M/W_k
δ_z = 24480 / 135,95 + (24480 * 100) / 1983,40 = 1414 кгс/см²
r = N_t / (0,8 * A_{cw})
r = 72608 / (0,8 * 60,06) = 1511 кгс/см²
T ≤ R_s
1511 кгс/см² ≤ 2596 кгс/см²
R_s = 0,58 * R_{un} / Y_m
R_s = 0,58 * 4700 / 1,05 = 2596 кгс/см²

where:
A_{cw} - см², - cross sec. area web column assumed load
δ_{cw} - 16,5 - mm, thickness web column
a_N - 364 - mm, distance web column, assumed load
R_u - 4 600 kgf/cm², - desing resistance steel of plate&flange
R_{un} - 4 700 kgf/cm², - norm.сопр.стали лист,фасон.пр-та
Y_m - 1,05 - коэффициент надежности по материалу, F_k - 135,95 см², - площ.сечения колонны
W_k - 1 983,40 см³, - момент сопр.колонны

2. Transversal stiffeners are not required when the following conditions

δ_{loc} ≤ R_u/Y_c
754 кгс/см² ≤ 4600 / 1,10
754 кгс/см² ≤ 4181 кгс/см²
δ_{loc} = N_t/(δ_{cw} * l₁)
δ_{loc} = 72608 / (16,5 * 584 / 100) = 754 кгс/см²

where:
R_u - 4 600 kgf/cm²,-desing resistance steel of plate&flange
Y_c - 1,10 - coefficient of working conditions

Stiffeners not required

Calculation of Detail MC-1 (rus/eng)

<p align="center">УЗЕЛ MC-2</p> <p align="center">Болты класса прочности 8.8 - М20 В. ГОСТ 7798</p> <p>Эл-ты: Колонна - 40Ш1 Связь: С14 Нагрузки и момент на узел: A = 40кН 4080,0 кгс - Осевая сила S_v = 50кН 5100,0 кгс - Усилие поперечного сдвига M = 9кН 918,0 кгм·м - Момент</p> <p>I. Расчет болтового соединения Усилия воспринимаемое одним болтом</p> <p>1. Расчет на срез</p> <p>$N_{sh} = S_v / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * Y_b * A_b * n_s$ $N_{sh} = 5100 / (1 * 4) \leq 3200 * 0,90 * 3,14 * 1$ $N_{sh} = 1275 \text{ кгс} \leq 9043 \text{ кгс}$</p> <p>где: R_{bp} - 3 200 кгс/см², - расч.сопр. болт.х соед.на срез γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы Y_b - 0,90 - коэффициент условий работы n_s - 1 - число расч. срезов 1 болта</p> <p>2. Расчет на смятие</p> <p>$N_{col} = S_v / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * Y_b * d * \sum t$ $N_{col} = 5100 / (1 * 4) \leq 6600 * 0,90 * 2,00 * 2,50$ $N_{col} = 1275 \text{ кгс} \leq 29700 \text{ кгс}$</p> <p>где: R_{bp} - 6 600 кгс/см², - расч.сопр. болт.х соед.на смятие d - 2,00 см, - диаметр болта расчетная γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы Y_b - 0,90 - коэффициент условий работы $\sum t$ - 2,50 см, - наименьшая суммарная толщ. эл-ов, сним-х в одном направлении,сумма толщ.стенки проф. и примыкающей торцевой пластины</p> <p>3. Расчет на растяжение</p> <p>$N_t = A / (\gamma_c * n) \leq R_{bt} * A_{bn}$ $N_t = 4080 / (1 * 4) \leq 4000 * 2,45$ $N_t = 1020 \text{ кгс} \leq 9800 \text{ кгс}$</p> <p>где: R_{bt} - 4 000 кгс/см², - расч. сопр. болт-х соед. на раст-е γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы</p> <p>4. Болты, работающие на срез от одновр-го действия прод. силы и момента, рассчит. на равнодейств. усилие</p> <p>$N_{max} \leq N_t; N_{sh}; N_{col}$ $2574 \text{ кгс} \leq 9800 \text{ кгс}, 9043 \text{ кгс}, 29700 \text{ кгс}$ $N_{max} = \sqrt{(M * a_{max}) / (k * \sum a^2) + (S_v / n_1)^2}$ $\sum a^2 = 130^2 / 100 = 169 \text{ см}^2$ $N_{max} = \sqrt{(918 * 130) / (2 * 169) + (5100 / 2)^2} = 2574 \text{ кгс}$</p> <p>где: $k = 2$ - число вертикальных рядов болтов $n_1 = 2$ - количество болтов в одну сторону</p> <p>Расстояние между болтами по нарастающей $a_1 = 130 \text{ мм}$ $a_{max} = a_1$</p> <p>II. Расчет фланца</p> <p>1. Расчет толщины фланца примыкающей балки</p> <p>$\delta \geq 1/2 \sqrt{3 * N_t * b / (l_f * R_j)}$ $1,2 \geq 1/2 \sqrt{3 * 9102 * (160 / 1000) / ((240 / 1000) * 3200)}$ $1,2 \text{ см} \geq 1,19 \text{ см}$</p> <p>$N_t = M/l_{max} + A/2$ $N_t = 918 / (130 / 1000) + 4080 / 2 = 9102 \text{ кгс}$</p> <p>где: N_t - кгс, - одновр-ое дейст.осевой силы и момента R_j - 3 200 кгс/см², - расчетное сопр. стали фланца a_{max} - 130 мм, - макс.расст.между отверстиями δ - 12 мм, - принимаемая толщина пластины</p> <p>III. Расчет сварных швов</p> <p>1. Поперечный шов: напряж-е на срез по металлу шва</p> <p>$\delta_{wf} \leq R_{wf} * Y_{wf} * Y_c$ $1756 \text{ кгс/см}^2 \leq 2200 * 0,85 * 1$ $1756 \text{ кгс/см}^2 \leq 1870 \text{ кгс/см}^2$ $\delta_{wf} = N_t / (\beta_z * k_f * l_{wg})$ $\delta_{wf} = 9102 / (0,90 * 6 / 10 * 96 / 10) = 1756 \text{ кгс/см}^2$</p> <p>где: R_{wf} - 2 200 кгс/см², - расч.сопр.металла швов (угловой) Y_{wf} - 0,85 - коэффициент условий работы шва Y_c - 1,00 - коэффициент условий работы β_z - 0,90 - значение коэффициента при катете шва</p> <p>2. Поперечный шов: напряжение на срез по металлу границы плавления</p> <p>$\delta_{wz} \leq R_{wz} * Y_{wz} * Y_c$ $1505 \text{ кгс/см}^2 \leq 2000 * 0,85 * 1$ $1505 \text{ кгс/см}^2 \leq 1700 \text{ кгс/см}^2$ $\delta_{wz} = N_t / (\beta_z * k_f * l_{wg})$ $\delta_{wz} = 9102 / (1,05 * 6 / 10 * 96 / 10) = 1505 \text{ кгс/см}^2$ $R_{wz} = R_{wf} / 1,1 = 2000 \text{ кгс/см}^2$</p> <p>где: R_{wz} - 2 200 кгс/см², - расч.сопр.металла швов (угловой) Y_{wz} - 0,85 - коэффициент условий работы шва Y_c - 1,00 - коэффициент условий работы β_z - 1,05 - значение коэффициента при катете шва,</p>	<p align="center">DETAIL MC-2</p> <p align="center">Bolt of accuracy class 8.8 - M20 B. GOST 7798</p> <p>Elements: Column - 40W1 Support - C14 Connection force and moment A = 40kN 4080,0 kgf - Axial S_v = 50kN 5100,0 kgf - Shear vertical M = 9kN 918,0 kgf·m - Moment</p> <p>I. Bolted connection calculation The force taken by 1 bolt</p> <p>1. Shear analysis</p> <p>$N_{sh} = S_v / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * Y_b * A_b * n_s$ $N_{sh} = 5100 / (1 * 4) \leq 3200 * 0,90 * 3,14 * 1$ $N_{sh} = 1275 \text{ кгс} \leq 9043 \text{ кгс}$</p> <p>where: R_{bp} - 3 200 kgf/cm², - design allowable shear stress γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions Y_b - 0,90 - coefficient of working conditions n_s - 1 - number of desing bolt shears for 1 bolt</p> <p>2. Collapse calculation</p> <p>$N_{col} = S_v / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * Y_b * d * \sum t$ $N_{col} = 5100 / (1 * 4) \leq 6600 * 0,90 * 2,00 * 2,50$ $N_{col} = 1275 \text{ кгс} \leq 29700 \text{ кгс}$</p> <p>where: R_{bp} - 6 600 kgf/cm², - design allowable bearing d - 2,00 cm, - diameter bolt γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions Y_b - 0,90 - coefficient of working conditions $\sum t$ - 2,50 cm, - min.total thickness of members mashed in the line of the force action</p> <p>3. Tension analysis</p> <p>$N_t = A / (\gamma_c * n) \leq R_{bt} * A_{bn}$ $N_t = 4080 / (1 * 4) \leq 4000 * 2,45$ $N_t = 11020 \text{ кгс} \leq 9800 \text{ кгс}$</p> <p>where: R_{bt} - 4 000 kgf/cm², - design allowable tension stress γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions</p> <p>IV. Verification column web</p> <p>1. Strengthening column web is not required when the following conditions</p> <p>$T_f \leq T_{per}$ $662 \text{ кгс/см}^2 \leq 3075 \text{ кгс/см}^2$ $T_f = (N_t + S_v) / A_{cw}$ $T_f = (9102 + 5100) / 21,45 = 662 \text{ кгс/см}^2$ $A_{cw} = \delta_{cw} * a_N$ $A_{cw} = 16,5 * 130 / 100 = 21,45 \text{ кгс/см}^2$ $T_{per} = \sqrt{((1,15 * R_u)^2 - \delta^2) / 3}$ $T_{per} = \sqrt{((1,15 * 4700)^2 - 922^2) / 3} = 3075 \text{ кгс/см}^2$ $\delta = \sqrt{(R_u)^2 + 3 * r^2}$ $\delta = \sqrt{84^2 + 3 * 530^2} = 922 \text{ кгс/см}^2$ $\delta_x = S/F_k + M/W_k$ $\delta_x = 5100 / 135,95 + (918 * 100) / 1983,40 = 84 \text{ кгс/см}^2$ $\tau = N_t / (0,8 * A_{cw})$ $\tau = 9102 / (0,8 * 21,45) = 530 \text{ кгс/см}^2$ $\tau \leq R_s$ $530 \text{ кгс/см}^2 \leq 2651 \text{ кгс/см}^2$ $R_s = 0,58 * R_{un} / Y_m$ $R_s = 0,58 * 4800 / 1,05 = 2651 \text{ кгс/см}^2$</p> <p>where: A_{cw} - см² - cross sec. area web column assumed load δ_{cw} - 16,5 - mm, thickness web column a_N - 130 - mm, distanc web column, assumed load R_u - 4 700 kgf/cm², -desing resistance steel of plate&flange R_{un} - 4 800 kgf/cm², -characteristic strength steel of plate&flange Y_m - 1,05 - partial safety factor for material strength F_k - 135,95 см², - cross sectional area column W_k - 1 983,40 см³, - moment resistance column</p> <p>2. Transversal stiffeners are not required when the following conditions</p> <p>$\delta_{loc} \leq R_u / l$ $230 \text{ кгс/см}^2 \leq 4700 / 1,10$ $230 \text{ кгс/см}^2 \leq 5170 \text{ кгс/см}^2$ $\delta_{loc} = N_t / (\delta_{cw} * l_f)$ $\delta_{loc} = 9102 / (16,5 * 240 / 100) = 230 \text{ кгс/см}^2$</p> <p>where: R_u - 4 700 kgf/cm², -desing resistance steel of plate&flange Y_c - 1,10 - coefficient of working conditions</p> <p>Stiffeners not required</p>
--	--

УЗЕЛ МС-4

Болты класса прочности 8.8 - М20 В. ГОСТ 7798

Эл-ты:	Балка - 35Ш1
Связь:	- С14
Нагрузки и момент на узел	
A = 40кН	4080,0 кгс - Осевая сила
S _v = 50кН	5100,0 кгс - Усилие поперечного сдвига
M = 9кН	918,0 кгс·м - Момент

I. Расчет болтового соединения

Усилия воспринимаемое одним болтом

1. Расчет на срез

$N_{sh} = S_v / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * Y_b * A_b * n_s$

$N_{sh} = 5100 / (1 * 4) \leq 3200 * 0,90 * 3,14 * 1$

$N_{sh} = 1275 \text{ кгс} \leq 9043 \text{ кгс}$

где: R_{bp} - 3 200 кгс/см², - расч.сопр. болт.х соед.на срез
 γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы
 Y_b - 0,90 - коэффициент условий работы
 n_s - 1 - число расч. срезов 1 болта

2. Расчет на смятие

$N_{col} = S_v / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * Y_b * d * \sum t$

$N_{col} = 5100 / (1 * 4) \leq 6600 * 0,90 * 2,00 * 2,00$

$N_{col} = 1275 \text{ кгс} \leq 23760 \text{ кгс}$

где: R_{bp} - 6 600 кгс/см², - расч.сопр. болт.х соед.на смятие
 d - 2,00 см, - диаметр болта расчетная
 γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы
 Y_b - 0,90 - коэффициент условий работы
 $\sum t$ - 2,00 см, - наименьшая суммарная толщ. эл-ов, сним-х в одном направлении,сумма толщ.стенки проф. и примыкающей торцевой пластины

3. Расчет на растяжение

$N_t = A / (\gamma_c * n) \leq R_{bt} * A_{bn}$

$N_t = 4080 / (1 * 4) \leq 4000 * 2,45$

$N_t = 1020 \text{ кгс} \leq 9800 \text{ кгс}$

где: R_{bt} - 4 000 кгс/см², - расч. сопр. болт-х соед. на раст-е
 γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы

4.* Болты, работающие на срез от одновр-го действия прод.силы и момента, рассчит.на равнодейств. усилие

$N_{max} \leq N_t; N_{sh}; N_{col}$

$2574 \text{ кгс} \leq 9800 \text{ кгс}; 9043 \text{ кгс}; 23760 \text{ кгс}$

$N_{max} = \sqrt{((M * a_{max})^2 + (S_v * n_1)^2}$

$\sum a^2 = 130^2 / 100 = 169 \text{ см}^2$

$N_{max} = \sqrt{((918 * 130)^2 / (2 * 169) + (5100 / 2)^2} = 2574 \text{ кгс}$

где: $k = 2$ - число вертикальных рядов болтов
 $n_1 = 2$ - количество болтов в одну сторону

Расстояние между болтами по нарастающей
 $a_1 = 130 \text{ мм}$ $a_{max} = a_1$

II. Расчет фланца

1. Расчет толщины фланца примыкающей балки

$\delta \geq 1/2 \sqrt{3 * N_t * b / (l_f * R_j)}$

$1,2 \geq 1/2 \sqrt{3 * 9102 * (160 / 1000) / ((240 / 1000) * 3200)}$

$1,2 \text{ см} \geq 1,19 \text{ см}$

$N_t = M/l_{max} + A/2$

$N_t = 918 / (130 / 1000) + 4080 / 2 = 9102 \text{ кгс}$

где: N_t - кгс, - одновр-ое дейст.осевой силы и момента
 R_j - 3 200 кгс/см², - расчетное сопр. стали фланца
 a_{max} - 130 мм, - макс.расст.между отверстиями
 δ - 12 мм, - принимаемая толщина пластины

III. Расчет сварных швов

1. Поперечный шов: напряж-е на срез по металлу шва

$\delta_{wf} \leq R_{wf} * Y_{wf} * Y_c$

$1756 \text{ кгс}/\text{см}^2 \leq 2200 * 0,85 * 1$

$1756 \text{ кгс}/\text{см}^2 \leq 1870 \text{ кгс}/\text{см}^2$

$\delta_{wf} = N_t / (\beta_z * k_f * l_{wg})$

$\delta_{wf} = 9102 / (0,90 * 6 / 10 * 96 / 10) = 1756 \text{ кгс}/\text{см}^2$

где: R_{wf} - 2 200 кгс/см², - расч.сопр.металла швов (угловой)
 Y_{wf} - 0,85 - коэффициент условий работы шва
 Y_c - 1,00 - коэффициент условий работы
 β_z - 0,90 - значение коэффициента при катете шва

2. Поперечный шов: напряжение на срез по металлу границы плавления

$\delta_{wz} \leq R_{wz} * Y_{wz} * Y_c$

$1505 \text{ кгс}/\text{см}^2 \leq 2000 * 0,85 * 1$

$1505 \text{ кгс}/\text{см}^2 \leq 1700 \text{ кгс}/\text{см}^2$

$\delta_{wz} = N_t / (\beta_z * k_f * l_{wg})$

$\delta_{wz} = 9102 / (1,05 * 6 / 10 * 96 / 10) = 1505 \text{ кгс}/\text{см}^2$

$R_{wz} = R_{wf} / 1,1 = 2000 \text{ кгс}/\text{см}^2$

где: R_{wz} - 2 200 кгс/см², - расч.сопр.металла швов (угловой)
 Y_{wz} - 0,85 - коэффициент условий работы шва
 Y_c - 1,00 - коэффициент условий работы
 β_z - 1,05 - значение коэффициента при катете шва,

DETAIL MC-4

Bolt of accuracy class 8.8 - M20 B. GOST 7798

Elements:	Beam - 35W1
Support:	- C14
Connection force and moment	
A = 40kN	4080,0 kgf - Axial
S _v = 50kN	5100,0 kgf - Shear vertical
M = 9kN	918,0 kgf·m - Moment

I. Bolted connection calculation

The force taken by 1 bolt

1. Shear analysis

$N_{sh} = S_v / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * Y_b * A_b * n_s$

$N_{sh} = 5100 / (1 * 4) \leq 3200 * 0,90 * 3,14 * 1$

$N_{sh} = 1275 \text{ кгс} \leq 9043 \text{ кгс}$

where:
 R_{bp} - 3 200 kgf/cm², - design allowable shear stress
 γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions
 Y_b - 0,90 - coefficient of working conditions
 n_s - 1 - number of desing bolt shears for 1 bolt

2. Collapse calculation

$N_{col} = S_v / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * Y_b * d * \sum t$

$N_{col} = 5100 / (1 * 4) \leq 6600 * 0,90 * 2,00 * 2,00$

$N_{col} = 1275 \text{ кгс} \leq 23760 \text{ кгс}$

where:
 R_{bp} - 6 600 kgf/cm², - design allowable bearing
 d - 2,00 cm, - diameter bolt
 γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions
 Y_b - 0,90 - coefficient of working conditions
 $\sum t$ - 2,00 cm, - min.total thickness of members mashed in the line of the force action

3. Tension analysis

$N_t = A / (\gamma_c * n) \leq R_{bt} * A_{bn}$

$N_t = 4080 / (1 * 4) \leq 4000 * 2,45$

$N_t = 11020 \text{ кгс} \leq 9800 \text{ кгс}$

where:
 R_{bt} - 4 000 kgf/cm², - design allowable tension stress
 γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions

IV. Verification column web

1. Strengthening column web is not required

when the following conditions

$T_f \leq T_{per}$

$662 \text{ кгс}/\text{см}^2 \leq 3075 \text{ кгс}/\text{см}^2$

$T_f = (N_t + S_v) / A_{cw}$

$T_f = (9102 + 5100) / 21,45 = 662 \text{ кгс}/\text{см}^2$

2. Flange calculation

1. Calculation flange thickness adherent beams

$\delta_f \geq 1/2 \sqrt{3 * N_t * b / (l_f * R_j)}$

$1,2 \geq 1/2 \sqrt{3 * 9102 * (160 / 1000) / ((240 / 1000) * 3200)}$

$1,2 \text{ см} \geq 1,19 \text{ см}$

$N_t = M/a_{max} + A/2$

$N_t = 918 / (130 / 1000) + 4080 / 2 = 9102 \text{ кгс}$

where:
 N_t - кгс, - simultaneous action of axial force & moment
 R_j - 3 200 кгс/см², - design resistance steel of flange
 a_{max} - 130 mm, - max.distance between holes
 δ_f - 12 mm, - assumed plate thickness

III. Weld calculation

1. Transverse weld: shear tension by weld metal

$\delta_{wf} \leq R_{wf} * Y_{wf} * Y_c$

$1756 \text{ кгс}/\text{см}^2 \leq 2200 * 0,85 * 1$

$1756 \text{ кгс}/\text{см}^2 \leq 1870 \text{ кгс}/\text{см}^2$

$\delta_{wf} = N_t / (\beta_z * k_f * l_{wg})$

$\delta_{wf} = 9102 / (0,90 * 6 / 10 * 96 / 10) = 1756 \text{ кгс}/\text{см}^2$

where:
 R_{wf} - 2 200 kgf/cm², - design resistance weld metal(angular)
 Y_{wf} - 0,85 - coefficient of working conditions of weld
 Y_c - 1,00 - coefficient of working conditions
 β_z - 0,90 - coefficient value at weld leg

2. Transverse stiffeners are not required

when the following conditions

$\delta_{loc} \leq R_u / l$

$230 \text{ кгс}/\text{см}^2 \leq 4700 / 1,10$

$230 \text{ кгс}/\text{см}^2 \leq 5170 \text{ кгс}/\text{см}^2$

$\delta_{loc} = N_t / (\delta_{cw} * l_f)$

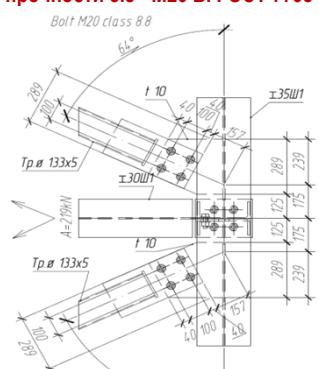
$\delta_{loc} = 9102 / (16,5 * 240 / 100) = 230 \text{ кгс}/\text{см}^2$

where:
 R_u - 4 700 kgf/cm², - desing resistance steel of plate&flange
 δ_{cw} - 16,5 - mm, thickness web column
 l_f - 130 - mm, distance web column, assumed load
 R_u - 4 700 kgf/cm², - desing resistance steel of plate&flange
 R_{un} - 4 800 kgf/cm², - characteristic strength steel of plate&flange
 Y_m - 1,05 - partial safety factor for material strength
 F_k - 135,95 см², - cross sectional area column
 W_k - 1 983,40 см³, - moment resistance column

Stiffeners not required

Calculation of Detail MC-4 (rus/eng)

УЗЕЛ HVB-1
Болты класса прочности 8.8 - М20 В. ГОСТ 7798



Эл-ты: Балка - 35Ш1
Горизонтальная связь - Тр.Ø133x5
Нагрузки на узел

A = 219kN 22338,0 кгс - Осевая сила
A_y = 197kN 20094,0 кгс - Усилие поперечного сдвига

I. Расчет болтового соединения
Усилия воспринимаемое одним болтом

1. Расчет на срез

$$N_{sh} = A / (\gamma_c * n) \leq R_{bs} * \gamma_b * A_b * n_s$$

$$N_{sh} = 22338 / (1 * 4) \leq 3200 * 0,90 * 3,14 * 1$$

$$N_{sh} = 5585 \text{ кгс} \leq 9043 \text{ кгс}$$

где:
R_{bs} - 3 200 кгс/см², - расч.сопр.болтовых соед.на срез
γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы
γ_b - 0,90 - коэффициент условий работы
n_s - 1 - число расч. срезов 1 болта

2. Расчет на смятие

$$N_{col} = A / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * \gamma_b * d * \sum t$$

$$N_{col} = 22338 / (1 * 4) \leq 6600 * 0,90 * 2,00 * 1,80$$

$$N_{col} = 5585 \text{ кгс} \leq 21384 \text{ кгс}$$

где:
R_{bp} - 6 600 кгс/см², - расч.сопр.болт-х соед.на смятие
d - 2,00 см, - диаметр болта расчетная
γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы
γ_b - 0,90 - коэффициент условий работы
Σt - 1,80 см, - наименьшая суммарная толщ. эл-ов, сним-х в одном направлении, сумма толщ.стенки проф. и примыкающей торцевой пластины

II. Расчет фасонки проверяется в опасном сечении из расчета на растяжение-сжатие

1. Сечение фасонки для связи

$$\delta \geq F_f / a_f$$

$$1 \geq 6,981 / 289 / 10$$

$$1 \text{ см} \geq 0,242 \text{ см}$$

$$F_f = A / R_y$$

$$F_f = A / R_y = 22338 / 3200 = 6,981 \text{ см}^2$$

где:
R_y - 3 200 кгс/см², - расч. сопр. стали фланца
a_f - 289 мм, - длина фасонной пластинки в опас.сечении

2. Проверка фасонки в опасном сечении

на устойчивость

$$A / F_{fk} * \phi \leq R_y$$

$$22338 / 28,9 * 980 / 1000 \leq 3200$$

$$789 \text{ кгс/см}^2 \leq 3200 \text{ кгс/см}^2$$

$$F_{fk} = \delta * a_f$$

$$F_{fk} = 1 * 289 / 10 = 28,9 \text{ см}^2$$

где: φ - 980 кгс/см², - коэф. для элементов из стали

III. Расчет сварных швов

1. Напряжение на срез по металлу шва

$$\delta_{wf} \leq R_{wf} * Y_{wf} * Y_c$$

$$1288 \text{ кгс/см}^2 \leq 2200 * 0,85 * 1$$

$$1288 \text{ кгс/см}^2 \leq 1870 \text{ кгс/см}^2$$

$$\delta_{wf} = A_y / (\beta_f * k_f * l_{wf})$$

$$\delta_{wf} = 20094 / (0,90 * 6 / 10 * 289 / 10) = 1288 \text{ кгс/см}^2$$

где:
R_{wf} - 2200 кгс/см², - расч.сопр.металла швов (угловой)
Y_{wf} - 0,85 - коэффициент условий работы шва
Y_c - 1,00 - коэффициент условий работы
β_f - 0,9 - значение коэффициента при катете шва

2. Напряжение на срез по металлу границы плавления

$$\delta_{wz} \leq R_{wz} * Y_{wz} * Y_c$$

$$1104 \text{ кгс/см}^2 \leq 2000 * 0,85 * 1$$

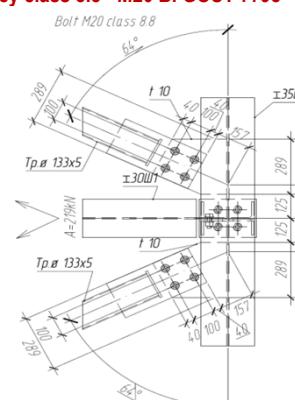
$$1104 \text{ кгс/см}^2 \leq 1700 \text{ кгс/см}^2$$

$$\delta_{wz} = A_y / (\beta_z * k_z * l_{wz})$$

$$\delta_{wz} = 20094 / (1,05 * 6 / 10 * 289 / 10) = 1104 \text{ кгс/см}^2$$

где:
R_{wz} - 2200 кгс/см², - расч.сопр.металла швов(угловой)
Y_{wz} - 0,85 - коэффициент условий работы шва
Y_c - 1,00 - коэффициент условий работы
β_z - 1,05 - значение коэффициента при катете шва

DETAIL HVB-1
Bolt of accuracy class 8.8 - M20 B. GOST 7798



Elements: Beam - 35Ш1
Horizontal braces - Tp.Ø133x5
Connection forces

A = 238kN 22338,0 kgf - Axial
A_y = 197kN 20094,0 kgf - Shear vertical

I. Bolted connection calculation

The force taken by 1 bolt

1. Shear analysis

$$N_{sh} = A / (\gamma_c * n) \leq R_{bs} * \gamma_b * A_b * n_s$$

$$N_{sh} = 22338 / (1 * 4) \leq 3200 * 0,90 * 3,14 * 1$$

$$N_{sh} = 5585 \text{ kgf} \leq 9043 \text{ kgf}$$

where:
R_{bs} - 3 200 kgf/cm², - design allowable shear stress
γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions
γ_b - 0,90 - coefficient of working conditions
n_s - 1 - number of design bolt shears for 1 bolt

2. Collapse calculation

$$N_{col} = A / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * \gamma_b * d * \sum t$$

$$N_{col} = 22338 / (1 * 4) \leq 6600 * 0,90 * 2,00 * 1,80$$

$$N_{col} = 5585 \text{ kgf} \leq 21384 \text{ kgf}$$

where:
R_{bp} - 6 600 kgf/cm², - design allowable bearing
d - 2,00 cm, - diameter bolt
γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions
γ_b - 0,90 - coefficient of working conditions
Σt - 1,80 cm, - min.total thickness of members mashed in the line of the force action

II. Calculation gusset plate is checked in a dangerous section of the tension-compression

1. Section gusset plate for connection

$$\delta \geq F_f / a_f$$

$$1 \geq 6,981 / 289$$

$$1 \text{ см} \geq 0,242 \text{ см}$$

$$F_f = A / R_y$$

$$F_f = A / R_y = 22338 / 3200 = 6,981 \text{ cm}^2$$

where:
R_y - 3 200 kgf/cm², - design resistance steel of flange
a_f - 289 mm, - length gusset plate in a dangerous section

2. Checking of gusset plate in dangerous section

on stability

$$A / F_{fk} * \phi \leq R_y$$

$$22338 / 28,9 * 980 / 1000 \leq 3200$$

$$789 \text{ kgf/cm}^2 \leq 3200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_{fk} = \delta * a_f$$

$$F_{fk} = 1 * 289 / 10 = 28,9 \text{ cm}^2$$

where:
φ - 980 kgf/cm², - coefficient for elements in steel

III. Weld calculation

1. Shear tension by weld metal

$$\delta_{wf} \leq R_{wf} * Y_{wf} * Y_c$$

$$1288 \text{ kgf/cm}^2 \leq 2200 * 0,85 * 1$$

$$1288 \text{ kgf/cm}^2 \leq 1870 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\delta_{wf} = A_y / (\beta_f * k_f * l_{wf})$$

$$\delta_{wf} = 20094 / (0,90 * 6 / 10 * 289 / 10) = 1288 \text{ kgf/cm}^2$$

where:
R_{wf} - 2200 kgf/cm², - design resistance weld metal(angular)
Y_{wf} - 0,85 - coefficient of working conditions of weld
Y_c - 1,00 - coefficient of working conditions
β_f - 0,9 - coefficient value at weld leg

2. Shear tension by frame melting metal

$$\delta_{wz} \leq R_{wz} * Y_{wz} * Y_c$$

$$1104 \text{ kgf/cm}^2 \leq 2000 * 0,85 * 1$$

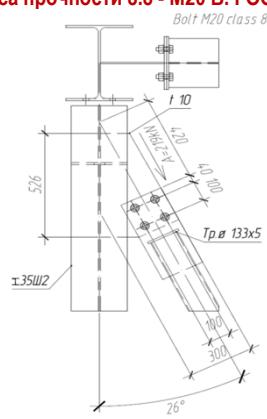
$$1104 \text{ kgf/cm}^2 \leq 1700 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\delta_{wz} = A_y / (\beta_z * k_z * l_{wz})$$

$$\delta_{wz} = 20094 / (1,05 * 6 / 10 * 289 / 10) = 1104 \text{ kgf/cm}^2$$

where:
R_{wz} - 2200 kgf/cm², - design resistance weld metal(angular)
Y_{wz} - 0,85 - coefficient of working conditions of weld
Y_c - 1,00 - coefficient of working conditions
β_z - 1,05 - coefficient value at weld leg

УЗЕЛ HVB-2
Болты класса прочности 8.8 - М20 В. ГОСТ 7798



Эл-ты: Балка - 35Ш2
Горизонтальная связь - Тр.0133х5

Нагрузки на узел:
 $A = 219\text{kN}$ 22338,0 кгс - Осевая сила
 $A_x = 197\text{kN}$ 20094,0 кгс - Усилие поперечного сдвига

I. Расчет болтового соединения
Усилия воспринимаемое одним болтом

1. Расчет на срез

$$N_{sh} = A / (\gamma_c * n) \leq R_{bs} * \gamma_b * A_b * n_s$$

$$N_{sh} = 22338 / (1 * 4) \leq 3200 * 0,90 * 3,14 * 1$$

$$N_{sh} = 5585 \text{ кгс} \leq 9043 \text{ кгс}$$

где:
 R_{bs} - 3 200 кгс/см², - расч.сопр.болтовых соед.на срез
 γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы
 γ_b - 0,90 - коэффициент условий работы
 n_s - 1 - число расч. срезов 1 болта

2. Расчет на смятие

$$N_{col} = A / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * \gamma_b * d * \sum t$$

$$N_{col} = 22338 / (1 * 4) \leq 6600 * 0,90 * 2,00 * 1,90$$

$$N_{col} = 5585 \text{ кгс} \leq 22572 \text{ кгс}$$

где:
 R_{bp} - 6 600 кгс/см², - расч.сопр.болт-х соед.на смятие
 d - 2,00 см, - диаметр болта расчетная
 γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы
 γ_b - 0,90 - коэффициент условий работы
 $\sum t$ - 1,90 см, - наименьшая суммарная толщ. эл-ов, сним-х в одном направлении, сумма толщ.стенки проф. и примыкающей торцевой пластины

II. Расчет фасонки проверяется в опасном сечении из расчета на растяжение-сжатие

1. Сечение фасонки для связи

$$\delta \geq F_f / a_f$$

$$1 \geq 6,981 / 300 / 10$$

$$1 \text{ см} \geq 0,233 \text{ см}$$

$$F_f = A / R_y$$

$$F_f = A / R_y = 22338 / 3200 = 6,981 \text{ см}^2$$

где:
 R_y - 3 200 кгс/см², - расч. сопр. стали фланца
 a_f - 300 мм, - длина фасонной пластинки в опас.сечении

2. Проверка фасонки в опасном сечении

на устойчивость

$$A/F_{fk} * \phi \leq R_y$$

$$22338 / 30,0 * 980 / 1000 \leq 3200$$

$$760 \text{ кгс/см}^2 \leq 3200 \text{ кгс/см}^2$$

$$F_{fk} = \delta * a_f$$

$$F_{fk} = 1 * 300 / 10 = 30,0 \text{ см}^2$$

где:
 ϕ - 980 кгс/см², - коэф. для элементов из стали

III. Расчет сварных швов

1. Напряжение на срез по металлу шва

$$\delta_{wf} \leq R_{wf} * \gamma_{wf} * \gamma_c$$

$$707 \text{ кгс/см}^2 \leq 2200 * 0,85 * 1$$

$$707 \text{ кгс/см}^2 \leq 1870 \text{ кгс/см}^2$$

$$\delta_{wf} = A_y / (\beta_f * k_f * l_{wf})$$

$$\delta_{wf} = 20094 / (0,90 * 6 / 10 * 526 / 10) = 707 \text{ кгс/см}^2$$

где:
 R_{wf} - 2200 кгс/см², - расч.сопр.металла швов (угловой)
 γ_{wf} - 0,85 - коэффициент условий работы шва
 γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы
 β_f - 0,9 - значение коэффициента при катете шва

2. Напряжение на срез по металлу границы плавления

$$\delta_{wz} \leq R_{wz} * \gamma_{wz} * \gamma_c$$

$$606 \text{ кгс/см}^2 \leq 2000 * 0,85 * 1$$

$$606 \text{ кгс/см}^2 \leq 1700 \text{ кгс/см}^2$$

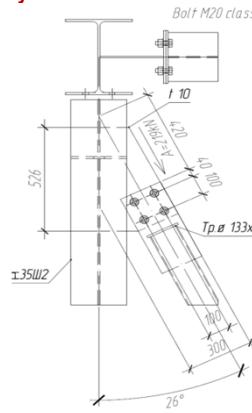
$$\delta_{wz} = A_y / (\beta_z * k_z * l_{wz})$$

$$\delta_{wz} = 20094 / (1,05 * 6 / 10 * 526 / 10) = 606 \text{ кгс/см}^2$$

где:
 R_{wz} - 2200 кгс/см², - расч.сопр.металла швов(угловой)
 γ_{wz} - 0,85 - коэффициент условий работы шва
 γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы
 β_z - 1,05 - значение коэффициента при катете шва

DETAIL HVB-2

Bolt of accuracy class 8.8 - М20 В. ГОСТ 7798



Elements: Beam - 35Ш2
Horizontal braces - Tp.0133x5

Connection forces

$A = 238\text{kN}$ 22338,0 кгф - Axial
 $A_y = 104\text{kN}$ 20094,0 кгф - Shear vertical

I. Bolted connection calculation

The force taken by 1 bolt

1. Shear analysis

$$N_{sh} = A / (\gamma_c * n) \leq R_{bs} * \gamma_b * A_b * n_s$$

$$N_{sh} = 22338 / (1 * 4) \leq 3200 * 0,90 * 3,14 * 1$$

$$N_{sh} = 5585 \text{ кгф} \leq 9043 \text{ кгф}$$

where:
 R_{bs} - 3 200 кгф/см², - design allowable shear stress
 γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions
 γ_b - 0,90 - coefficient of working conditions
 n_s - 1 - number of design bolt shears for 1 bolt

2. Collapse calculation

$$N_{col} = A / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * \gamma_b * d * \sum t$$

$$N_{col} = 22338 / (1 * 4) \leq 6600 * 0,90 * 2,00 * 1,90$$

$$N_{col} = 5585 \text{ кгф} \leq 22572 \text{ кгф}$$

where:
 R_{bp} - 6 600 кгф/см², - design allowable bearing
 d - 2,00 см, - diameter bolt
 γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions
 γ_b - 0,90 - coefficient of working conditions
 $\sum t$ - 1,90 см, - min.total thickness of members mashed in the line of the force action

II. Calculation gusset plate is checked in a dangerous section of the tension-compression

1. Section gusset plate for connection

$$\delta \geq F_f / a_f$$

$$1 \geq 6,981 / 300 / 10$$

$$1 \text{ см} \geq 0,233 \text{ см}$$

$$F_f = A / R_y$$

$$F_f = A / R_y = 22338 / 3200 = 6,981 \text{ см}^2$$

where:
 R_y - 3 200 кгф/см², - design resistance steel of flange
 a_f - 300 мм, - length gusset plate in a dangerous section

2. Checking of gusset plate in dangerous section on stability

$$A/F_{fk} * \phi \leq R_y$$

$$22338 / 30,0 * 980 / 1000 \leq 3200$$

$$760 \text{ кгс/см}^2 \leq 3200 \text{ кгс/см}^2$$

$$F_{fk} = \delta * a_f$$

$$F_{fk} = 1 * 300 / 10 = 30,0 \text{ см}^2$$

where:
 ϕ - 980 кгф/см², - coefficient for elements in steel

III. Weld calculation

1. Shear tension by weld metal

$$\delta_{wf} \leq R_{wf} * \gamma_{wf} * \gamma_c$$

$$707 \text{ кгс/см}^2 \leq 2200 * 0,85 * 1$$

$$707 \text{ кгс/см}^2 \leq 1870 \text{ кгс/см}^2$$

$$\delta_{wf} = A_y / (\beta_f * k_f * l_{wf})$$

$$\delta_{wf} = 20094 / (0,90 * 6 / 10 * 526 / 10) = 707 \text{ кгс/см}^2$$

where:
 R_{wf} - 2200 кгс/см², - design resistance weld metal(angular)
 γ_{wf} - 0,85 - coefficient of working conditions of weld
 γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions
 β_f - 0,9 - coefficient value at weld leg

2. Shear tension by frame melting metal

$$\delta_{wz} \leq R_{wz} * \gamma_{wz} * \gamma_c$$

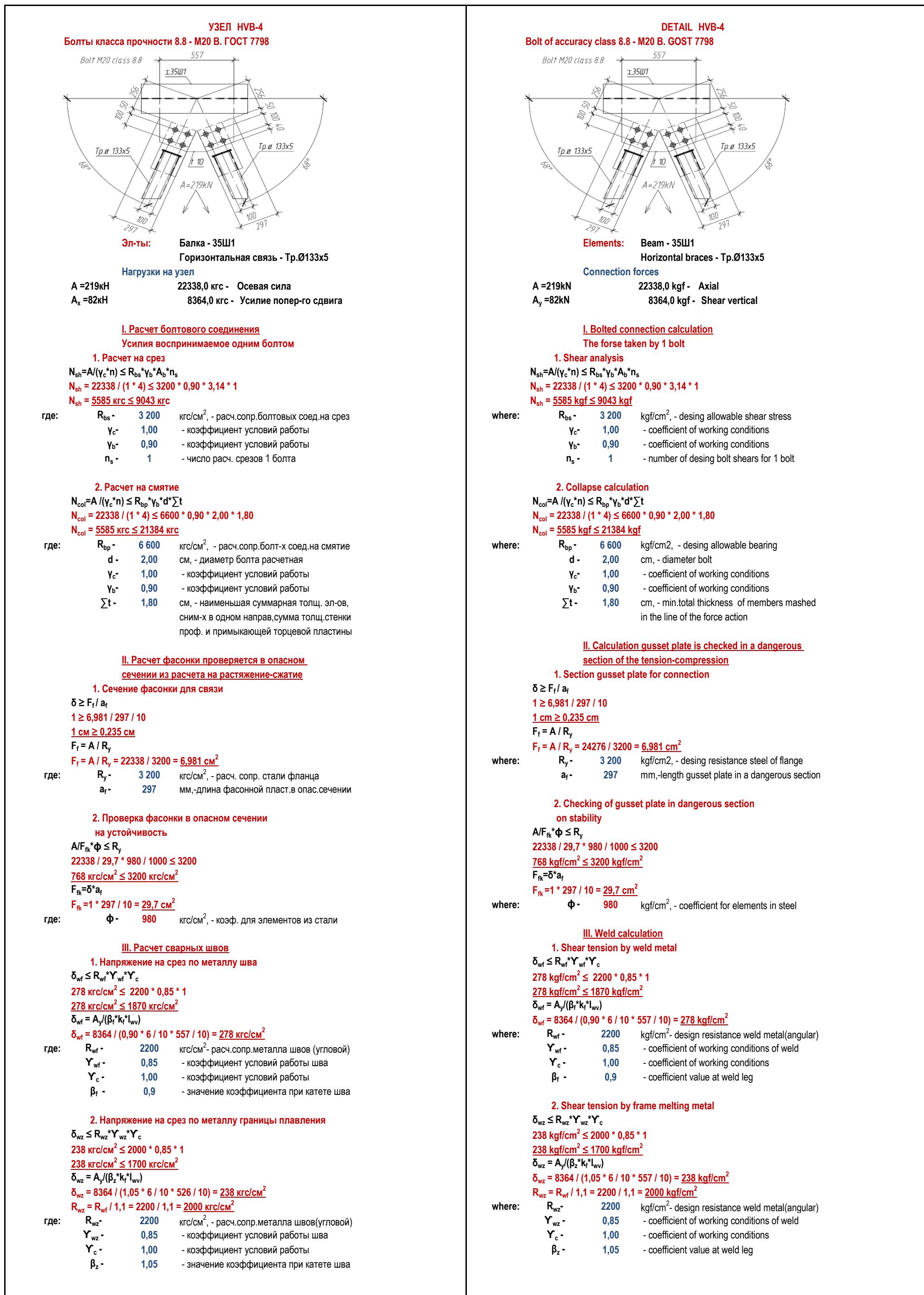
$$606 \text{ кгс/см}^2 \leq 2000 * 0,85 * 1$$

$$606 \text{ кгс/см}^2 \leq 1700 \text{ кгс/см}^2$$

$$\delta_{wz} = A_y / (\beta_z * k_z * l_{wz})$$

$$\delta_{wz} = 20094 / (1,05 * 6 / 10 * 526 / 10) = 606 \text{ кгс/см}^2$$

where:
 R_{wz} - 2200 кгс/см², - design resistance weld metal(angular)
 γ_{wz} - 0,85 - coefficient of working conditions of weld
 γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions
 β_z - 1,05 - coefficient value at weld leg



<p align="center">УЗЕЛ SC-1</p> <p align="center">Болты класса прочности 8.8 - М20 В. ГОСТ 7798</p> <p>Эл-ты: Колонна - 40Ш1 Балка - 35Ш1 Нагрузки и момент на узел A=105кН 10710,0 кгс - Осевая сила S_v=285кН 29070,0 кгс - Усилие поперечного сдвига</p> <p>I. Расчет болтового соединения Усилия воспринимаемое одним болтом</p> <p>1. Расчет на срез</p> <p>$N_{sh} = S_v / (\gamma_c * n) \leq R_{bs} * \gamma_b * A_b * n_s$ $N_{sh} = 29070 / (1 * 6) \leq 3200 * 0,90 * 3,14 * 1$ $N_{sh} = 4845 \text{ кгс} \leq 9043 \text{ кгс}$</p> <p>где: R_{bs} - 3 200 кгс/см², - расч.сопр. болтовых соед.на срез γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы γ_b - 0,90 - коэффициент условий работы n_s - 1 - число расч. срезов 1 болта</p> <p>2. Расчет на смятие</p> <p>$N_{col} = S_v / (\gamma_c * n) \leq R_{bp} * \gamma_b * d * \sum t$ $N_{col} = 29070 / (1 * 6) \leq 6600 * 0,90 * 2,00 * 2,00$ $N_{col} = 4845 \text{ кгс} \leq 23760 \text{ кгс}$</p> <p>где: R_{bp} - 6 600 кгс/см², - расч.сопр. болт-х соед.на смятие d - 2,00 см, - диаметр болта расчетная γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы γ_b - 0,90 - коэффициент условий работы $\sum t$ - 2,00 см, - наименьшая суммарная толщ. эл-ов, сним-х в одном направлении, сумма толщ. стенки проф. и примыкающей торцевой пластины</p> <p>II. Расчет фланца</p> <p>1. Расчет толщины фланца примыкающей балки</p> <p>$\delta_f \geq 1/2 \sqrt{3 * S_v * b / (2 * l_f * R_f)}$ $1,0 \geq 1/2 \sqrt{3 * 29070 * (140 / 1000) / ((354 / 1000) * 3200)}$ $1,0 \text{ см} \geq 1,16 \text{ см}$</p> <p>где: R_f - 3 200 кгс/см², - расчетное сопр. стали фланца δ_f - 10 мм, - принимаемая толщина пластины</p> <p>III. Расчет сварных швов</p> <p>1. Поперечный шов: напряж-е на срез по металлу шва</p> <p>$\delta_{wf} \leq R_{wf} * \gamma_{wf} * \gamma_c$ $1085 \text{ кгс/см}^2 \leq 2200 * 0,85 * 1$ $1085 \text{ кгс/см}^2 \leq 1870 \text{ кгс/см}^2$ $\delta_{wf} = S_v / (\beta_t * k_t * l_{wg})$ $\delta_{wf} = 29070 / (0,90 * 6 / 10 * 496 / 10) = 1085 \text{ кгс/см}^2$</p> <p>где: R_{wf} - 2 200 кгс/см², - расч.сопр. металла швов (угловой) γ_{wf} - 0,85 - коэффициент условий работы шва γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы β_t - 0,90 - значение коэффициента при катете шва</p> <p>2. Поперечный шов: напряжение на срез по металлу границы плавления</p> <p>$\delta_{wz} \leq R_{wz} * \gamma_{wz} * \gamma_c$ $930 \text{ кгс/см}^2 \leq 2000 * 0,85 * 1$ $930 \text{ кгс/см}^2 \leq 1700 \text{ кгс/см}^2$ $\delta_{wz} = S_v / (\beta_z * k_z * l_{wg})$ $\delta_{wz} = 29070 / (1,05 * 6 / 10 * 496 / 10) = 930 \text{ кгс/см}^2$ $R_{wz} = R_{wf} / 1,1 = 2200 / 1,1 = 2000 \text{ кгс/см}^2$</p> <p>где: R_{wz} - 2 200 кгс/см², - расч.сопр. металла швов(угловой) γ_{wz} - 0,85 - коэффициент условий работы шва γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы β_z - 1,05 - значение коэффициента при катете шва,</p> <p>3. Верхний шов: напряж-е на срез по металлу шва</p> <p>$\delta_{wf} \leq R_{wf} * \gamma_{wf} * \gamma_c$ $1565 \text{ кгс/см}^2 \leq 2200 * 0,85 * 1$ $1565 \text{ кгс/см}^2 \leq 1870 \text{ кгс/см}^2$ $\delta_{wf} = S_v / (\beta_t * k_t * l_{wg})$ $\delta_{wf} = 29070 / (0,90 * 6 / 10 * 344 / 10) = 1565 \text{ кгс/см}^2$</p>	<p align="center">DETAIL SC-1</p> <p align="center">Bolt of accuracy class 8.8 - M20 B. GOST 7798</p> <p>Elements: Column - 40W1 Support - C14 Connection force and moment A = 105kN 10710,0 kgf - Axial S_v=285kN 29070,0 kgf - Shear vertical</p> <p>I. Bolted connection calculation The force taken by 1 bolt</p> <p>1. Shear analysis</p> <p>$N_{sh} = S_v / (\gamma_c * n) \leq R_{bs} * \gamma_b * A_b * n_s$ $N_{sh} = 29070 / (1 * 6) \leq 3200 * 0,90 * 3,14 * 1$ $N_{sh} = 4845 \text{ kgf} \leq 9043 \text{ kgf}$</p> <p>where: R_{bs} - 3 200 kgf/cm², - design allowable shear stress γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions γ_b - 0,90 - coefficient of working conditions n_s - 1 - number of design bolt shears for 1 bolt</p> <p>2. Vertical weld: shear tension by frame melting metal</p> <p>$\delta_{wz} \leq R_{wz} * \gamma_{wz} * \gamma_c$ $1341 \text{ kgf/cm}^2 \leq 2000 * 0,85 * 1$ $1341 \text{ kgf/cm}^2 \leq 1700 \text{ kgf/cm}^2$ $\delta_{wz} = S_v / (\beta_z * k_z * l_{wg})$ $\delta_{wz} = 29070 / (1,05 * 6 / 10 * 344 / 10) = 1341 \text{ kgf/cm}^2$ $R_{wz} = R_{wf} / 1,1 = 2200 / 1,1 = 2000 \text{ kgf/cm}^2$</p> <p>where: R_{wz} - 2 200 kgf/cm², - design resistance weld metal(angular) γ_{wz} - 0,85 - coefficient of working conditions of weld γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions β_z - 0,90 - coefficient value at weld leg</p> <p>II. Flange calculation</p> <p>1. Calculation flange thickness adherent beams</p> <p>$\delta_f \geq 1/2 \sqrt{3 * N_f * b / (2 * l_f * R_f)}$ $1,0 \geq 1/2 \sqrt{3 * 29070 * (140 / 1000) / ((354 / 1000) * 3200)}$ $1,0 \text{ см} \geq 1,16 \text{ см}$</p> <p>where: R_f - 3 200 kgf/cm², - design resistance steel of flange δ_f - 10 mm, - assumed plate thickness</p> <p>III. Weld calculation</p> <p>1. Transverse weld: shear tension by weld metal</p> <p>$\delta_{wf} \leq R_{wf} * \gamma_{wf} * \gamma_c$ $1085 \text$</p>
--	--

УЗЕЛ SC-3	DETAIL SC-3
<p>Болты класса прочности 8.8 - М20 В. ГОСТ 7798</p> <p>Эл-ты: Колонна - 35Ш1 Балка - 30Ш1</p> <p>Нагрузки и момент на узел</p> <p>A=75кН 7650,0 кгс - Осевая сила S_v=285кН 29070,0 кгс - Усилие попер-го сдвига</p> <p>I. Расчет болтового соединения Усилия воспринимаемое одним болтом</p> <p>1. Расчет на срез</p> <p>N_{sh}=A/(γ_c*n) ≤ R_{bs}*Y_b*A_b*n_s N_{sh} = 7650 / (1 * 3) ≤ 3200 * 0,90 * 3,14 * 1 N_{sh} = 2550 кгс ≤ 9043 кгс</p> <p>где: R_{bs} - 3 200 кгс/см², - расч.сопр.болтовых соед.на срез γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы Y_b - 0,90 - коэффициент условий работы n_s - 1 - число расч. срезов 1 болта</p> <p>2. Расчет на смятие</p> <p>N_{col}=A/(γ_c*n) ≤ R_{bp}*Y_b*d*Σt N_{col} = 7650 / (1 * 3) ≤ 6600 * 0,90 * 2,00 * 2,00 N_{col} = 2550 кгс ≤ 23760 кгс</p> <p>где: R_{bp} - 6 600 кгс/см², - расч.сопр. bolt-x соед.на смятие d - 2,00 см, - диаметр болта расчетная γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы Y_b - 0,90 - коэффициент условий работы Σt - 2,00 см, - наименьшая суммарная толщ. эл-ов, сним-х в одном направлении, сумма толщ. стенки проф. и примыкающей торцевой пластины</p> <p>II. Расчет фланца</p> <p>1. Расчет толщины фланца примыкающей балки</p> <p>δ_f ≥ S_v / (l_f * R_y * Y_c) 1,2 ≥ 29070 / (268 / 10 * 3200 * 1) 1,2 см ≥ 0,339 см</p> <p>где: R_y - 3 200 кгс/см², - расчетное сопр. стали фланца δ_f - 12 мм, - принимаемая толщина пластины γ_c - 1,00 - коэффициент условий работы</p> <p>III. Расчет сварных швов</p> <p>1. Поперечный шов: напряж-е на срез по металлу шва</p> <p>δ_{wf} ≤ R_{wf}*Y_{wf}*Y_c 570 кгс/см² ≤ 2200 * 0,85 * 1 570 кгс/см² ≤ 1870 кгс/см²</p> <p>δ_{wf} = √(S_v/(β_{wf}*k_{wf}*l_{wf}))^2 + (A/(β_{wf}*k_{wf}*l_{wf}))^2 δ_{wf} = √(29070/(0,90*8/10*732/10))^2 + (7650/(0,90*8/10*732/10))^2 = 570 кгс/см²</p> <p>где: R_{wf} - 2 200 кгс/см², - расч.сопр.металла швов (угловой) Y_{wf} - 0,85 - коэффициент условий работы шва Y_c - 1,00 - коэффициент условий работы β_{wf} - 0,90 - значение коэффициента при катете шва</p> <p>2. Поперечный шов: напряжение на срез по металлу границы плавления</p> <p>δ_{wz} ≤ R_{wz}*Y_{wz}*Y_c 489 кгс/см² ≤ 2000 * 0,85 * 1 489 кгс/см² ≤ 1700 кгс/см²</p> <p>δ_{wz} = √(S_v/(β_{wz}*k_{wz}*l_{wz}))^2 + (A/(β_{wz}*k_{wz}*l_{wz}))^2 δ_{wz} = √(29070/(1,05*8/10*732/10))^2 + (7650/(1,05*8/10*732/10))^2 = 489 кгс/см²</p> <p>R_{wz} = R_{wf}/1,1 = 2200 / 1,1 = 2000 кгс/см² где: R_{wz} - 2 200 кгс/см², - расч.сопр.металла швов (угловой) Y_{wz} - 0,85 - коэффициент условий работы шва Y_c - 1,00 - коэффициент условий работы β_{wz} - 1,05 - значение коэффициента при катете шва</p> <p>3. Верт-ый шов: напряж-е на срез по металлу шва</p> <p>δ_{wf} ≤ R_{wf}*Y_{wf}*Y_c 1618 кгс/см² ≤ 2200 * 0,85 * 1 1618 кгс/см² ≤ 1870 кгс/см²</p> <p>δ_{wf} = √(S_v/(β_{wf}*k_{wf}*l_{wf}))^2 + (A/(β_{wf}*k_{wf}*l_{wf}))^2 δ_{wf} = √(29070/(0,90*8/10*258/10))^2 + (7650/(0,90*8/10*258/10))^2 = 1618 кгс/см²</p>	<p>Bolt of accuracy class 8.8 - M20 B. GOST 7798</p> <p>Elements: Column - 35W1 Baem - 30W1</p> <p>Connection force and moment</p> <p>A=75кН 7650,0 kgf - Axial S_v=285кН 29070,0 kgf - Shear vertical</p> <p>I. Bolted connection calculation The force taken by 1 bolt</p> <p>1. Shear analysis</p> <p>N_{sh}=A/(γ_c*n) ≤ R_{bs}*Y_b*A_b*n_s N_{sh} = 7650 / (1 * 3) ≤ 3200 * 0,90 * 3,14 * 1 N_{sh} = 2550 kgf ≤ 9043 kgf</p> <p>where: R_{bs} - 3 200 kgf/cm², - design allowable shear stress γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions Y_b - 0,90 - coefficient value at weld leg</p> <p>4. Vertical weld: shear tension by frame melting metal</p> <p>δ_{wz} ≤ R_{wz}*Y_{wz}*Y_c 1387 kgf/cm² ≤ 2000 * 0,85 * 1 1387 kgf/cm² ≤ 1700 kgf/cm²</p> <p>δ_{wz} = √(S_v/(β_{wz}*k_{wz}*l_{wz}))^2 + (A/(β_{wz}*k_{wz}*l_{wz}))^2 δ_{wz} = √(29070/(1,05*8/10*258/10))^2 + (7650/(1,05*8/10*258/10)) = 1387 kgf/cm²</p> <p>R_{wz} = R_{wf}/1,1 = 2200 / 1,1 = 2000 kgf/cm² where: R_{wz} - 2 200 kgf/cm², - design resistance weld metal(angular) Y_{wz} - 0,85 - coefficient of working conditions of weld Y_c - 1,00 - coefficient of working conditions β_{wz} - 1,05 - coefficient value at weld leg</p> <p>II. Flange calculation</p> <p>1. Calculation flange thickness adherent beams</p> <p>δ_f ≥ S_v / (l_f * R_y * Y_c) 1,2 ≥ 29070 / (268 / 10 * 3200 * 1) 1,2 cm ≥ 0,339 cm</p> <p>where: R_y - 3 200 kgf/cm², - design resistance steel of flange δ_f - 10 mm, - assumed plate thickness γ_c - 1,00 - coefficient of working conditions</p> <p>III. Weld calculation</p> <p>1. Transverse weld: shear tension by weld metal</p> <p>δ_{wf} ≤ R_{wf}*Y_{wf}*Y_c 570 kgf/cm² ≤ 2200 * 0,85 * 1 570 kgf/cm² ≤ 1870 kgf/cm²</p> <p>δ_{wf} = √(S_v/(β_{wf}*k_{wf}*l_{wf}))^2 + (A/(β_{wf}*k_{wf}*l_{wf}))^2 δ_{wf} = √(29070/(0,90*8/10*732/10))^2 + (7650/(0,90*8/10*732/10)) = 570 kgf/cm²</p> <p>where: R_{wf} - 2 200 kgf/cm², - design resistance weld metal(angular) Y_{wf} - 0,85 - coefficient of working conditions of weld Y_c - 1,00 - coefficient of working conditions β_{wf} - 0,90 - coefficient value at weld leg</p> <p>2. Поперечный шов: напряжение на срез по металлу границы плавления</p> <p>δ_{wz} ≤ R_{wz}*Y_{wz}*Y_c 489 kgf/cm² ≤ 2000 * 0,85 * 1 489 kgf/cm² ≤ 1700 kgf/cm²</p> <p>δ_{wz} = √(S_v/(β_{wz}*k_{wz}*l_{wz}))^2 + (A/(β_{wz}*k_{wz}*l_{wz}))^2 δ_{wz} = √(29070/(1,05*8/10*732/10))^2 + (7650/(1,05*8/10*732/10)) = 489 kgf/cm²</p> <p>R_{wz} = R_{wf}/1,1 = 2200 / 1,1 = 2000 кгс/см² where: R_{wz} - 2 200 kgf/cm², - design resistance weld metal(angular) Y_{wz} - 0,85 - coefficient of working conditions of weld Y_c - 1,00 - coefficient of working conditions β_{wz} - 1,05 - coefficient value at weld leg</p> <p>3. Vertical weld: shear tension by weld metal</p> <p>δ_{wf} ≤ R_{wf}*Y_{wf}*Y_c 1618 kgf/cm² ≤ 2200 * 0,85 * 1 1618 kgf/cm² ≤ 1870 kgf/cm²</p> <p>δ_{wf} = √(S_v/(β_{wf}*k_{wf}*l_{wf}))^2 + (A/(β_{wf}*k_{wf}*l_{wf}))^2 δ_{wf} = √(29070/(0,90*8/10*258/10))^2 + (7650/(0,90*8/10*258/10)) = 1618 kgf/cm²</p>

УЗЕЛ SC-7	DETAIL SC-7
Болты класса прочности 8.8 - М20 В. ГОСТ 7798 <img alt="Technical drawing of the bolted connection showing two I40W1 columns and one I35W1 beam connected by M20 bolts. Dimensions include 40x120x40, t=12, and various thicknesses like 33, 55, 65, 101, 140, 155, 170, 180, 200, 220, 230, 255, 270, 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 420, 440, 460, 480, 500, 520, 540, 560, 580, 600, 620, 640, 660, 680, 700, 720, 740, 760, 780, 800, 820, 840, 860, 880, 900, 920, 940, 960, 980, 1000, 1020, 1040, 1060, 1080, 1100, 1120, 1140, 1160, 1180, 1200, 1220, 1240, 1260, 1280, 1300, 1320, 1340, 1360, 1380, 1400, 1420, 1440, 1460, 1480, 1500, 1520, 1540, 1560, 1580, 1600, 1620, 1640, 1660, 1680, 1700, 1720, 1740, 1760, 1780, 1800, 1820, 1840, 1860, 1880, 1900, 1920, 1940, 1960, 1980, 2000, 2020, 2040, 2060, 2080, 2100, 2120, 2140, 2160, 2180, 2200, 2220, 2240, 2260, 2280, 2300, 2320, 2340, 2360, 2380, 2400, 2420, 2440, 2460, 2480, 2500, 2520, 2540, 2560, 2580, 2600, 2620, 2640, 2660, 2680, 2700, 2720, 2740, 2760, 2780, 2800, 2820, 2840, 2860, 2880, 2900, 2920, 2940, 2960, 2980, 3000, 3020, 3040, 3060, 3080, 3100, 3120, 3140, 3160, 3180, 3200, 3220, 3240, 3260, 3280, 3300, 3320, 3340, 3360, 3380, 3400, 3420, 3440, 3460, 3480, 3500, 3520, 3540, 3560, 3580, 3600, 3620, 3640, 3660, 3680, 3700, 3720, 3740, 3760, 3780, 3800, 3820, 3840, 3860, 3880, 3900, 3920, 3940, 3960, 3980, 4000, 4020, 4040, 4060, 4080, 4100, 4120, 4140, 4160, 4180, 4200, 4220, 4240, 4260, 4280, 4300, 4320, 4340, 4360, 4380, 4400, 4420, 4440, 4460, 4480, 4500, 4520, 4540, 4560, 4580, 4600, 4620, 4640, 4660, 4680, 4700, 4720, 4740, 4760, 4780, 4800, 4820, 4840, 4860, 4880, 4900, 4920, 4940, 4960, 4980, 5000, 5020, 5040, 5060, 5080, 5100, 5120, 5140, 5160, 5180, 5200, 5220, 5240, 5260, 5280, 5300, 5320, 5340, 5360, 5380, 5400, 5420, 5440, 5460, 5480, 5500, 5520, 5540, 5560, 5580, 5600, 5620, 5640, 5660, 5680, 5700, 5720, 5740, 5760, 5780, 5800, 5820, 5840, 5860, 5880, 5900, 5920, 5940, 5960, 5980, 6000, 6020, 6040, 6060, 6080, 6100, 6120, 6140, 6160, 6180, 6200, 6220, 6240, 6260, 6280, 6300, 6320, 6340, 6360, 6380, 6400, 6420, 6440, 6460, 6480, 6500, 6520, 6540, 6560, 6580, 6600, 6620, 6640, 6660, 6680, 6700, 6720, 6740, 6760, 6780, 6800, 6820, 6840, 6860, 6880, 6900, 6920, 6940, 6960, 6980, 7000, 7020, 7040, 7060, 7080, 7100, 7120, 7140, 7160, 7180, 7200, 7220, 7240, 7260, 7280, 7300, 7320, 7340, 7360, 7380, 7400, 7420, 7440, 7460, 7480, 7500, 7520, 7540, 7560, 7580, 7600, 7620, 7640, 7660, 7680, 7700, 7720, 7740, 7760, 7780, 7800, 7820, 7840, 7860, 7880, 7900, 7920, 7940, 7960, 7980, 8000, 8020, 8040, 8060, 8080, 8100, 8120, 8140, 8160, 8180, 8200, 8220, 8240, 8260, 8280, 8300, 8320, 8340, 8360, 8380, 8400, 8420, 8440, 8460, 8480, 8500, 8520, 8540, 8560, 8580, 8600, 8620, 8640, 8660, 8680, 8700, 8720, 8740, 8760, 8780, 8800, 8820, 8840, 8860, 8880, 8900, 8920, 8940, 8960, 8980, 9000, 9020, 9040, 9060, 9080, 9100, 9120, 9140, 9160, 9180, 9200, 9220, 9240, 9260, 9280, 9300, 9320, 9340, 9360, 9380, 9400, 9420, 9440, 9460, 9480, 9500, 9520, 9540, 9560, 9580, 9600, 9620, 9640, 9660, 9680, 9700, 9720, 9740, 9760, 9780, 9800, 9820, 9840, 9860, 9880, 9900, 9920, 9940, 9960, 9980, 10000, 10020, 10040, 10060, 10080, 10100, 10120, 10140, 10160, 10180, 10200, 10220, 10240, 10260, 10280, 10300, 10320, 10340, 10360, 10380, 10400, 10420, 10440, 10460, 10480, 10500, 10520, 10540, 10560, 10580, 10600, 10620, 10640, 10660, 10680, 10700, 10720, 10740, 10760, 10780, 10800, 10820, 10840, 10860, 10880, 10900, 10920, 10940, 10960, 10980, 11000, 11020, 11040, 11060, 11080, 11100, 11120, 11140, 11160, 11180, 11200, 11220, 11240, 11260, 11280, 11300, 11320, 11340, 11360, 11380, 11400, 11420, 11440, 11460, 11480, 11500, 11520, 11540, 11560, 11580, 11600, 11620, 11640, 11660, 11680, 11700, 11720, 11740, 11760, 11780, 11800, 11820, 11840, 11860, 11880, 11900, 11920, 11940, 11960, 11980, 12000, 12020, 12040, 12060, 12080, 12100, 12120, 12140, 12160, 12180, 12200, 12220, 12240, 12260, 12280, 12300, 12320, 12340, 12360, 12380, 12400, 12420, 12440, 12460, 12480, 12500, 12520, 12540, 12560, 12580, 12600, 12620, 12640, 12660, 12680, 12700, 12720, 12740, 12760, 12780, 12800, 12820, 12840, 12860, 12880, 12900, 12920, 12940, 12960, 12980, 13000, 13020, 13040, 13060, 13080, 13100, 13120, 13140, 13160, 13180, 13200, 13220, 13240, 13260, 13280, 13300, 13320, 13340, 13360, 13380, 13400, 13420, 13440, 13460, 13480, 13500, 13520, 13540, 13560, 13580, 13600, 13620, 13640, 13660, 13680, 13700, 13720, 13740, 13760, 13780, 13800, 13820, 13840, 13860, 13880, 13900, 13920, 13940, 13960, 13980, 14000, 14020, 14040, 14060, 14080, 14100, 14120, 14140, 14160, 14180, 14200, 14220, 14240, 14260, 14280, 14300, 14320, 14340, 14360, 14380, 14400, 14420, 14440, 14460, 14480, 14500, 14520, 14540, 14560, 14580, 14600, 14620, 14640, 14660, 14680, 14700, 14720, 14740, 14760, 14780, 14800, 14820, 14840, 14860, 14880, 14900, 14920, 14940, 14960, 14980, 15000, 15020, 15040, 15060, 15080, 15100, 15120, 15140, 15160, 15180, 15200, 15220, 15240, 15260, 15280, 15300, 15320, 15340, 15360, 15380, 15400, 15420, 15440, 15460, 15480, 15500, 15520, 15540, 15560, 15580, 15600, 15620, 15640, 15660, 15680, 15700, 15720, 15740, 15760, 15780, 15800, 15820, 15840, 15860, 15880, 15900, 15920, 15940, 15960, 15980, 16000, 16020, 16040, 16060, 16080, 16100, 16120, 16140, 16160, 16180, 16200, 16220, 16240, 16260, 16280, 16300, 16320, 16340, 16360, 16380, 16400, 16420, 16440, 16460, 16480, 16500, 16520, 16540, 16560, 16580, 16600, 16620, 16640, 16660, 16680, 16700, 16720, 16740, 16760, 16780, 16800, 16820, 16840, 16860, 16880, 16900, 16920, 16940, 16960, 16980, 17000, 17020, 17040, 17060, 17080, 17100, 17120, 17140, 17160, 17180, 17200, 17220, 17240, 17260, 17280, 17300, 17320, 17340, 17360, 17380, 17400, 17420, 17440, 17460, 17480, 17500, 17520, 17540, 17560, 17580, 17600, 17620, 17640, 17660, 17680, 17700, 17720, 17740, 17760, 17780, 17800, 17820, 17840, 17860, 17880, 17900, 17920, 17940, 17960, 17980, 18000, 18020, 18040, 18060, 18080, 18100, 18120, 18140, 18160, 18180, 18200, 18220, 18240, 18260, 18280, 18300, 18320, 18340, 18360, 18380, 18400, 18420, 18440, 18460, 18480, 18500, 18520, 18540, 18560, 18580, 18600, 18620, 18640, 18660, 18680, 18700, 18720, 18740, 18760, 18780, 18800, 18820, 18840, 18860, 18880, 18900, 18920, 18940, 18960, 18980, 19000, 19020, 19040, 19060, 19080, 19100, 19120, 19140, 19160, 19180, 19200, 19220, 19240, 19260, 19280, 19300, 19320, 19340, 19360, 19380, 19400, 19420, 19440, 19460, 19480, 19500, 19520, 19540, 19560, 19580, 19600, 19620, 19640, 19660, 19680, 19700, 19720, 19740, 19760, 19780, 19800, 19820, 19840, 19860, 19880, 19900, 19920, 19940, 19960, 19980, 20000, 20020, 20040, 20060, 20080, 20100, 20120, 20140, 20160, 20180, 20200, 20220, 20240, 20260, 20280, 20300, 20320, 20340, 20360, 20380, 20400, 20420, 20440, 20460, 20480, 20500, 20520, 20540, 20560, 20580, 20600, 20620, 20640, 20660, 20680, 20700, 20720, 20740, 20760, 20780, 20800, 20820, 20840, 20860, 20880, 20900, 20920, 20940, 20960, 20980, 21000, 21020, 21040, 21060, 21080, 21100, 21120, 21140, 21160, 21180, 21200, 21220, 21240, 21260, 21280, 21300, 21320, 21340, 21360, 21380, 21400, 21420, 21440, 21460, 21480, 21500, 21520, 21540, 21560, 21580, 21600, 21620, 21640, 21660, 21680, 21700, 21720, 21740, 21760, 21780, 21800, 21820, 21840, 21860, 21880, 21900, 21920, 21940, 21960, 21980, 22000, 22020, 22040, 22060, 22080, 22100, 22120, 22140, 22160, 22180, 2	