

## ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по результатам экспертизы конструкции пола проведенной с целью определения несущей способности (допустимой точечной и распределенной нагрузки на 1 кв.м. пола).

**ЗАКАЗЧИК:** \_\_\_\_\_

**ДОГОВОР:** № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

[Посмотреть другие примеры](#)



[Определить стоимость и сроки On-line](#)





**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«Техническая строительная экспертиза»**

Телефон: (495) 641-70-69 / (499) 340-34-73

Email: manager@tse-expert.ru; tse.expert

Утверждаю:  
Генеральный директор  
ООО «ТехСтройЭкспертиза»

\_\_\_\_\_ (ФИО)  
(подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

М.П.

## 1. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Заказчик: \_\_\_\_\_.

Исполнитель: ООО «Техническая Строительная Экспертиза».

Договор: № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

Объект: пол в помещениях складского здания.

Адрес: \_\_\_\_\_.

Экспертиза объекта проводилась экспертом ООО «ТехСтройЭкспертиза»

\_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ г. с 15<sup>00</sup> ч. до 17<sup>00</sup> ч.

Цель экспертизы: определение несущей способности (допустимой точечной и распределенной нагрузки на 1 кв.м. пола).



**Технические средства контроля, используемые на объекте:**

- георадар;
- лазерный дальномер;
- ультразвуковой сканер;
- цифровая фотокамера;
- рулетка метрическая;
- штангенциркуль.

**При составлении экспертного заключения использовались следующие нормативные документы:****– СП 13-102-2003 Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений**

*Вид документа:*

*Постановление Госстроя России от 21.08.2003 N 153*

*Свод правил (СП) от 21.08.2003 N 13-102-2003*

*Своды правил по проектированию и строительству*

*Принявший орган: Госстрой России*

*Статус: Действующий*

*Тип документа: Нормативно-технический документ*

*Дата начала действия: 21.08.2003*

*Опубликован: официальное издание, М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003 год*

**– ГОСТ 26433.2-94 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений**

*Вид документа:*

*Постановление Минстроя России от 20.04.1995 N 18-38*

*ГОСТ от 17.11.1994 N 26433.2-94*

*Принявший орган: Госархстройнадзор РСФСР, МНТКС*

*Статус: Действующий*

*Тип документа: Нормативно-технический документ*

*Дата начала действия: 01.01.1996*

*Опубликован: Официальное издание, М.: ИПК издательство стандартов, 1996 год*

### **– СНиП 3.03.01-87 “Несущие и ограждающие конструкции”**

**Вид документа:**

*Постановление Госстроя СССР от 04.12.1987 N 280*

*СНиП от 04.12.1987 N 3.03.01-87*

*Строительные нормы и правила РФ*

**Принявший орган:** Госстрой СССР

**Статус:** Действующий

*Тип документа: Нормативно-технический документ*

*Дата начала действия: 01.07.1988*

### **- ГОСТ 26633-91 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия (с Изменениями N 1, 2)**

**Вид документа:**

*Постановление Госстроя СССР от 16.05.1991 N 21*

*ГОСТ от 16.05.1991 N 26633-91*

**Принявший орган:** Госстрой СССР

**Статус:** Действующий

*Тип документа: Нормативно-технический документ*

*Дата начала действия: 01.01.1992*

*Опубликован: официальное издание, М.: Издательство стандартов, 1992 год*

*Дата редакции: 25.12.2006*

### **- ГОСТ 17624-87 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности**

**Вид документа:**

*Постановление Госстроя СССР от 26.12.1987 N 67*

*ГОСТ от 26.12.1987 N 17624-87*

**Принявший орган:** Госстрой СССР

**Статус:** Действующий

*Тип документа: Нормативно-технический документ*



*Дата начала действия: 01.01.1988*

*Опубликован: Официальное издание, Госстрой СССР - М.: ЦИТП, 1989 год*

*Дата редакции: 01.08.1989*

**- ГОСТ 18105-86 Бетоны. Правила контроля прочности (с Изменением N 1)**

**Вид документа:**

*Постановление Госстроя СССР от 13.08.1986 N 108*

*ГОСТ от 13.08.1986 N 18105-86*

**Принявший орган:** Госстрой СССР

**Статус:** Действующий

**Тип документа:** Нормативно-технический документ

*Дата начала действия: 01.01.1987*

*Опубликован: официальное издание, М.: Стандартинформ, 2006 год*

*Дата редакции: 01.10.2006*

**- СНиП 2.03.01-84\* Бетонные и железобетонные конструкции (с Изменениями N 1, 2)**

**Вид документа:**

*Постановление Госстроя СССР от 20.08.1984 N 136*

*СНиП от 20.08.1984 N 2.03.01-84\**

*Строительные нормы и правила РФ*

**Принявший орган:** Госстрой СССР

**Тип документа:** Нормативно-технический документ

*Дата начала действия: 01.01.1986*

*Дата окончания действия: 01.03.2004*

*Опубликован: Официальное издание, /Минстрой России - М.: ГП ЦПП, 1995 год*

*Дата редакции: 12.11.1991*

**- СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры**

**Вид документа:**

*Постановление Госстроя России от 25.12.2003 N 215*



*Свод правил (СП) от 25.12.2003 N 52-101-2003*

*Сводь правил по проектированию и строительству*

*Принявший орган: Госстрой России*

*Тип документа: Нормативно-технический документ*

*Дата начала действия: 01.03.2004*

*Опубликован: официальное издание, М.: ГУП "НИИЖБ", ФГУП ЦПП, 2004 год*

### **- СП 53-102-2004 Общие правила проектирования стальных конструкций**

*Вид документа:*

*Письмо Госстроя России от 20.04.2004 N ЛБ-2596/9*

*Свод правил (СП) от 20.04.2004 N 53-102-2004*

*Сводь правил по проектированию и строительству*

*Принявший орган: Госстрой России*

*Статус: Действующий*

*Тип документа: Нормативно-технический документ*

*Дата начала действия: 01.01.2005*

*Опубликован: официальное издание, М.: ФГУП ЦПП, 2005 год*

### **- СНиП II-23-81\* Стальные конструкции (с Изменениями)**

*Вид документа:*

*Постановление Госстроя СССР от 14.08.1981 N 144*

*СНиП от 14.08.1981 N II-23-81\**

*Строительные нормы и правила РФ*

*Принявший орган: Госстрой СССР*

*Статус: Действующий*

*Тип документа: Нормативно-технический документ*

*Дата начала действия: 01.01.1982*

*Опубликован: официальное издание, Госстрой России. - М.: ФГУП ЦПП, 2005 год*

*Дата редакции: 01.01.2005*

Приведенные и использованные при составлении заключения правовые и нормативно-технические ссылки даны на основании действующих документов, приведенных в специализированной справочной системе «Стройэксперт-



кодекс».

Лицензия на ПК КОДЕКС для Windows (сетевой вариант) зарегистрирована в ООО «ТехСтройЭкспертиза».

### **Общие положения:**

Основанием для проведения экспертизы служит Договор, в котором указываются цель экспертизы и перечень работ, которые необходимо выполнить.

При выполнении работ по экспертизе проводился учет полученных данных и фотофиксация объекта (см. Приложение № 1).

Результаты экспертизы, послужившие основой для настоящего заключения, приведены по состоянию на \_\_\_\_\_ 2014 г.

### **Характеристика объекта:**

Объект представляет собой систему паллетных стеллажей «Kasten», выполненную из сборно-разборных металлических конструкций, которые состоят из вертикальных стоек соединенных раскосой системой (рамы) и горизонтальных балок (см. Приложение № 1, фото № 2-8). Стойки и балки образуют 10-ть секций длиной 13-ть ячеек по 20 ярусов. Высота яруса - 1 м, длина ячейки - 2,8 м и глубина ячейки - 1 м. Балки навешиваются на перфорацию стойки с помощью кронштейнов со специальными зацепами, создавая жесткую конструкцию.

Стеллажная система располагается в складском помещении площадью 1000 м<sup>2</sup> на железобетонной монолитной плите, которая предположительно жестко опирается на сваи с шагом 4,0×2,8 м (согласно представленной документации). Стойки стеллажа опираются на подпятники размером 0,16×0,16 м.

## 2. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Экспертиза строительных конструкций зданий и сооружений проводится, как правило, в три связанных между собой этапа:

- подготовка к проведению обследования (в составе экспертизы);
- предварительное (визуальное) обследование (в составе экспертизы);
- детальное (инструментальное) обследование (в составе экспертизы).

В соответствии с требованиями **СП 13-102-2003 п. 6.1** *«Подготовка к проведению обследований предусматривает ознакомление с объектом обследования, проектной и исполнительной документацией на конструкции и строительство сооружения, с документацией по эксплуатации и имевшим место ремонтам и реконструкции, с результатами предыдущих обследований».*

Экспертом произведен внешний осмотр объекта, с выборочным фиксированием на цифровую камеру (см. Приложение № 1), что соответствует требованиям **СП 13-102-2003 п. 7.2** *«Основой предварительного обследования является осмотр здания или сооружения и отдельных конструкций с применением измерительных инструментов и приборов (бинокли, фотоаппараты, рулетки, штангенциркули, щупы и прочее)».*

Обмерные работы производились в соответствии с требованиями **СП 13-102-2003 п.8.2.1** *«Целью обмерных работ является уточнение фактических геометрических параметров строительных конструкций и их элементов, определение их соответствия проекту или отклонение от него. Инструментальными измерениями уточняют пролеты конструкций, их расположение и шаг в плане, размеры поперечных сечений, высоту помещений, отметки характерных узлов, расстояния между узлами и т.д.».*





2.2. С помощью кольцевого разрушения из бетонного пола были взяты керны (см. Приложение № 1, фото № 9-11). По имеющимся кернам была определена толщина бетонного пола, армирование бетона и средняя прочность бетона.

2.3. Произведена визуальная и инструментальная экспертиза объекта, в соответствии с требованиями *ГОСТ 26433.2-94 «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве»*, в результате зафиксировано и установлено следующее:

2.3.1. Измерение прочности ж/б пола толщиной 40 см (см. Приложение № 1, фото № 12).

Измерения производились ультразвуковым прибором «Пульсар-1.1», согласно *ГОСТ 17624-87 «Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности»*. Число и расположение контролируемых участков на конструкциях установлены с учетом требований *ГОСТ 18105-86 «Бетоны. Правила контроля прочности»*.

Согласно выполненным измерениям средняя прочность ж/б пола (**R**) в складском помещении здания составляет 528 кгс/см<sup>2</sup>, что соответствует по табл.6 *ГОСТ 26633-91 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия (с Изменением N 1)»* марке бетона по прочности М550 и классу бетона по прочности В40.

**СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ КЛАССАМИ БЕТОНА ПО ПРОЧНОСТИ НА  
СЖАТИЕ И РАСТЯЖЕНИЕ И МАРКАМИ**

Таблица 6

Класс бетона по прочности	Средняя прочность бетона $(R)^*$ , кгс/см <sup>2</sup>	Ближайшая марка бетона по прочности, М	Отклонение ближайшей марки бетона от средней прочности класса, % $\frac{M - \bar{R}}{\bar{R}} \cdot 100$
* Средняя прочность бетона $\bar{R}$ рассчитана при коэффициенте вариации V, равном 13,5%, и обеспеченности 95% для всех видов бетонов, а для массивных гидротехнических конструкций при коэффициенте вариации V, равном 17%, и обеспеченности 90%.			
Сжатие			
V30	392,9	M400	+1,8
V35	458,4	M450	-1,8
<b><u>V40</u></b>	<b><u>523,9</u></b>	<b><u>M550</u></b>	+5,0
V45	589,4	M600	+1,8

### 2.3.2. Обследование основания прибором Георадар

«\_\_\_\_\_». Описание аппаратуры.

Геофизический комплекс «\_\_\_\_\_» (серии «\_\_\_\_\_») - переносной импульсный радиолокатор подповерхностного зондирования повышенной мощности с отображением радиолокационных профилей в процессе измерения.

Комплекс позволяет осуществлять оперативный неразрушающий контроль подстилающей поверхности при проведении строительных работ, прокладке кабелей и труб, проведении ремонтных работ, а также для использования в археологии и гидрогеологических изысканиях. Георадар обеспечивает высокую точность локализации объектов, предметов и границ раздела геологических слоев и определение глубины залегания, и характер неоднородностей.



Георадары «\_\_\_\_\_» – «\_\_\_\_\_» отличаются от отечественных и зарубежных аналогов повышенной мощностью излучения (~ 1 МВт), малым весом (до 10 кг), простотой в обслуживании, и возможностью отображения результатов зондирования в процессе измерения. Повышенная мощность передатчика георадара позволяет работать в средах с большим поглощением. Отображение результатов зондирования на встроенном экране делает возможным решение ряда задач на месте, не прибегая к дополнительной обработке данных на компьютере.

#### Принцип действия георадара.

Принцип действия георадара основан на зондировании электромагнитными импульсами земной поверхности и строительных конструкций на различную глубину и восстановлении картины раздела сред с различной диэлектрической проницаемостью по отраженному сигналу. В качестве зондирующего импульса в георадаре используется видеоимпульс, который представляет собой несколько колебаний тока в антенне. Энергия импульса накапливается на конденсаторе, а затем конденсатор через ключевой элемент (газовый разрядник, работающий в режиме самопробоя) соединяется с передающей антенной. В качестве антенны используется резистивно-нагруженные диполи с параметрами, зависящими от условий решаемой задачи.

#### Результаты обследования.

Проведено георадарное обследование участка основания бетонного пола, с использованием Георадара «\_\_\_\_\_».

В результате георадарного обследования, были выполнены снимки радиолокационных профилей (см. Рис.1).

Из представленного ниже снимка (см. Рис. 1) установлено следующее:

- толщина ж/б плиты составляет  $0,32 \div 0,4$  м.;
- подготовка основания плиты выполнена в два слоя - это возможно щебень и песок;

- на интервале участка 0÷6 м. грунты сильно разуплотнены, однако на данном участке плита и подготовка под нее имеет наибольшую толщину, что свидетельствует о возможно имевшем месте преднамеренное ее увеличение в виду невозможности достичь такого же уплотнение как на остальном участке;

- просадок и деформаций, свидетельствующих об исчерпаниии несущей способности основания фундамента, не зафиксировано.

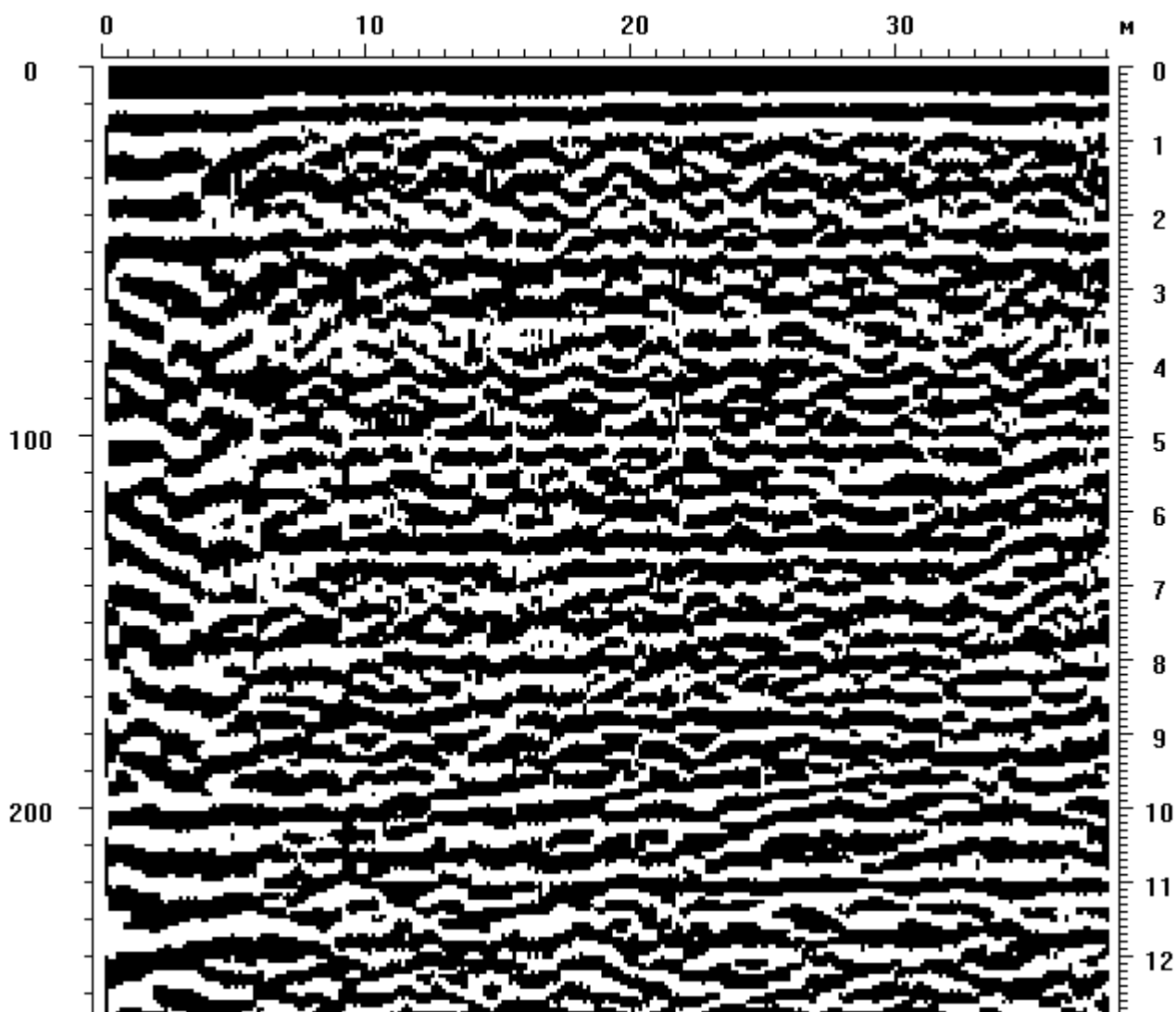


Рис.1.

### 3. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ.

3.1. Приведенные при составлении заключения расчеты строительных конструкций выполнены с помощью программного обеспечения ООО \_\_\_\_\_ “\_\_\_\_\_” (\_\_\_\_\_ комплект “Строительство с дополнительными компонентами” сетевой вариант).

Лицензия на использование программного обеспечения «\_\_\_\_\_»  
\_\_\_\_\_.

Поверочный расчет ж/б монолитной плиты и металлоконструкций стеллажной системы, выполнен в соответствии: *СНиП II-23-81\* “Стальные конструкции (с Изменениями)”*, *СП 53-102-2004 “Общие правила проектирования стальных конструкций”*, *СНиП 2.03.01-84\* “Бетонные и железобетонные конструкции (с Изменениями N 1, 2)”* и *СП 52-101-2003 “Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры”*.

#### 3.2. Расчетная часть.

3.2.1. Расчет балки, изгибаемой в одной плоскости (однопролетная балка)

СНиП II-23-81\* “Стальные конструкции (с Изменениями)”

Исходные данные:

Геометрические размеры элемента:

- Расчетная длина элемента  $l_{efy} = 280$  см;

Нагрузка:

- Изгибающий момент  $M_x = 0,098$  тс м =  $0,098 / 0,00001 = 9800$  кгс см;

- Поперечная сила на одну стенку сечения  $Q_x = 0 \text{ тс} = 0 / 0,001 = 0 \text{ кгс}$ ;

- Поперечная сила на одну стенку сечения  $Q_y = 0,139 \text{ тс} = 0,139 / 0,001 = 139 \text{ кгс}$ ;

Физические характеристики:

- Модуль сдвига  $G = 810000 \text{ кгс/см}^2$ ;

- Модуль упругости  $E = 2100000 \text{ кгс/см}^2$ ;

Прочность:

По причине отсутствия информации по материалу стеллажной конструкции, для расчета принимаем сталь С235.

(Вид металла - Фасонный прокат; Сталь и толщина металла - С235 ; От 2 до 20 мм):

- Предел текучести стали  $R_{yn} = 2400 \text{ кгс/см}^2$ ;

- Временное сопротивление стали разрыву  $R_{un} = 3700 \text{ кгс/см}^2$ ;

- Расчетное сопротивление растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести  $R_y = 2350 \text{ кгс/см}^2$ ;

- Расчетное сопротивление растяжению, сжатию, изгибу по временному сопротивлению  $R_u = 3600 \text{ кгс/см}^2$ ;

- Расчетное сопротивление стали сдвигу  $R_s = 1363 \text{ кгс/см}^2$ ;

Коэффициенты надежности и условия работы:

- Коэффициент условия работы  $g_c = 1,05$  ;

- Коэффициент надежности в расчетах по временному сопротивлению  $g_u = 1,3$  ;

Основные характеристики сечений:

В виду того, что балка имеет нестандартный гнутый профиль сложной

формы, то для расчета принимаем профиль гнутой С-образный с геометрическими характеристиками близкими к фактическому профилю.

## I

(Сечение ветви - из сортамента; Характеристики сечения - Профили стальные гнутые С-образные равнополочные по ГОСТ 8282-83; Гн. С 100х50х10х2; Сечение - одноветьевое):

- Высота сечения  $h = 10$  см;
- Ширина сечения  $b = 5$  см;
- Толщина стенки  $t = 0,2$  см;
- Толщина полки  $t_f = 0,2$  см;
- Радиус закругления  $r = 0,3$  см;
- Площадь  $A = 4,12$  см<sup>2</sup>;
- Погонная масса  $m = 3,2342$  кг/м;
- Момент инерции  $J_x = 65,59$  см<sup>4</sup>;
- Момент инерции  $J_y = 12,64$  см<sup>4</sup>;
- Момент сопротивления нетто  $W_{x1} = 13,12$  см<sup>3</sup>;
- Момент сопротивления нетто  $W_{x2} = 13,12$  см<sup>3</sup>;
- Момент сопротивления нетто  $W_{y1} = 8,1$  см<sup>3</sup>;
- Момент сопротивления нетто  $W_{y2} = 3,67$  см<sup>3</sup>;
- Статический момент  $S_x = 7,2$  см<sup>3</sup>;
- Момент инерции при кручении  $J_t = 0,05$  см<sup>4</sup>;
- Отношение площади полки к площади стенки при изибе вокруг оси X  
 $a_{fwx} = 0,52$ ;
- Отношение площади полки к площади стенки при изибе вокруг оси Y  
 $a_{fwy} = 0,96$ ;

Характеристики сечения ветви:

- Высота сечения  $h_b = 10$  см;
- Ширина сечения  $b_b = 5$  см;
- Толщина стенки  $t_b = 0,2$  см;
- Толщина полки  $t_{fb} = 0,2$  см;
- Радиус закругления  $r = 0,3$  см;
- Площадь сечения  $A_b = 4,12$  см<sup>2</sup>;
- Погонная масса  $m = 3,22$  кг/м;
- Момент инерции  $J_{xb} = 65,59$  см<sup>4</sup>;
- Момент инерции  $J_{yb} = 12,64$  см<sup>4</sup>;
- Момент сопротивления нетто  $W_{x1b} = 13,12$  см<sup>3</sup>;
- Момент сопротивления нетто  $W_{x2b} = 13,12$  см<sup>3</sup>;
- Момент сопротивления нетто  $W_{y1b} = 8,1$  см<sup>3</sup>;
- Момент сопротивления нетто  $W_{y2b} = 3,67$  см<sup>3</sup>;
- Статический момент  $S_{xb} = 7,2$  см<sup>3</sup>;
- Момент инерции при кручении  $J_{tb} = 0,05$  см<sup>4</sup>;
- Отношение площади полки к площади стенки при изгибе вокруг оси X  
 $a_{fwxb} = 0,52$  ;
- Отношение площади полки к площади стенки при изгибе вокруг оси Y  
 $a_{fwyb} = 0,96$  ;

Характеристики сечения сварного соединения:

- Координата x точки шва, наиболее удаленной от центра тяжести расчетного сечения швов, относительно главных осей  $x = 3,44414$  см;
- Координата y точки шва, наиболее удаленной от центра тяжести расчетного сечения швов, относительно главных осей  $y = 4,99924$  см;

Результаты расчета:





1) Расчет на прочность разрезных балок сплошного сечения из стали с пределом текучести до 5800 кг/см<sup>2</sup>, несущих статическую нагрузку, с учетом развития пластических деформаций (при соблюдении требований п.п. 5.19-5.21, 7.5 и 7.24 СНиП II-23-81)

Ослабления стенки отверстиями - отсутствуют.

Момент сопротивления нетто:

$$W_{xn1} = W_{x1} = 13,12 \text{ см}^3.$$

Момент сопротивления нетто:

$$W_{xn2} = W_{x2} = 13,12 \text{ см}^3.$$

Момент сопротивления нетто:

$$W_{yn1} = W_{y1} = 8,1 \text{ см}^3.$$

Момент сопротивления нетто:

$$W_{yn2} = W_{y2} = 3,67 \text{ см}^3.$$

Поперечная сила:

$$Q = ; Q_x^2 + Q_y^2 = ; 0^2 + 139^2 = 139 \text{ кгс} .$$

Ослабления стенки отверстиями для болтов - отсутствуют.

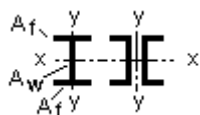
Касательные напряжения:

$$t = Q/(t \cdot h) = 139 / (0,2 \cdot 10) = 69,5 \text{ кгс/см}^2 .$$

Сечение - не является опорным.

2) Коэффициенты для расчета на прочность элементов стальных конструкций с учетом развития пластических деформаций

Тип сечения по табл. 66 СНиП II - 23-85 - 1.



Коэффициент принимается по табл. 66  $c_x = 1,118$ .

Коэффициент принимается по табл. 66  $c_y = 1,47$ .

Коэффициент принимается по табл. 66  $n = 1,5$ .

3) Продолжение расчета по п. 5.18

Изгиб - в одной из главных плоскостей.

Минимальные значения моментов сопротивления:

Минимальное значение момента сопротивления нетто:

$$W_{xnmin} = \min (W_{xn1}; W_{xn2}) = \min (13,12; 13,12) = 13,12 \text{ см}^3 .$$

$t=69,5 \text{ кгс/см}^2 \geq 0,9 R_s \cdot g_c=0,9 \cdot 1363 \cdot 1,05=1288,035 \text{ кгс/см}^2$  (5,39582% от предельного значения) - условие выполнено.

Т.к.  $t=69,5 \text{ кгс/см}^2 \geq 0,5 R_s \cdot g_c=0,5 \cdot 1363 \cdot 1,05=715,575 \text{ кгс/см}^2$ :



Коэффициент:

$c_1 = c_x = 1,118$  (формула (42); п. 5.18).

Зона чистого изгиба - отсутствует.

$M_x / (c_1 W_{xnmin}) = 9800 / (1,118 \cdot 13,12) = 668,11379 \text{ кгс/см}^2$   $r R_y g_c = 2350 \cdot 1,05 = 2467,5 \text{ кгс/см}^2$  (27,07655% от предельного значения) - условие выполнено (формула (39); п. 5.18 ).

4) Проверка выполнения условий, при которых устойчивость балок требуется проверять

Условие п. 5.16 а (сжатый пояс надежно связан с жестким настилом) - не выполняется.

Расчетная длина элемента:

$l_{ef} = l_{fy} = 280 \text{ см.}$

Расстояние между осями поясных листов:

$h = h - t = 10 - 0,2 = 9,8 \text{ см.}$

Проверка выполнения условий

$h / b = 9,8 / 5 = 1,96 \leq 1$  (196% от предельного значения) - условие выполнено.

$h / b = 9,8 / 5 = 1,96 \leq 6$  (32,66667% от предельного значения) - условие выполнено.

$b / t = 5 / 0,2 = 25 \leq 35$  (71,42857% от предельного значения) - условие выполнено.

Расчет на прочность - с учетом пластических деформаций.

Коэффициент:

$$c = c_x = 1,118.$$

Коэффициент:

$$d = 1 - 0,7 (c - 1) / (c - 1) = 1 - 0,7 \cdot (1,118 - 1) / (1,118 - 1) = 0,3.$$

#### 5) Продолжение расчета по п. 5.16

Т.к.  $b/t = 5/0,2 = 25 < 15$ :

Место приложения нагрузки - к верхнему поясу.

$$\text{Т.к. } l_{ef}/b = 280/5 = 56 > d (0,35 + 0,0032 b/t + (0,76 - 0,02 b/t) b/h); E/R_y = 0,3 \cdot (0,35 + 0,0032 \cdot 5/0,2 + (0,76 - 0,02 \cdot 5/0,2) \cdot 5/9,8) \cdot ; 2100000/2350 = 5,04589 :$$

Требуется проверка устойчивости балки.

#### 6) Расчет на устойчивость балок двутаврового сечения, изгибаемых в плоскости стенки

Определение коэффициента для расчета устойчивости изгибаемых элементов

Определение коэффициента а

Сечение - прокатное.

Коэффициент:

$$a = 1,54 J_t / J_y (l_{ef} / h)^2 = 1,54 \cdot 0,05 / 12,64 \cdot (280 / 10)^2 = 4,77595 \text{ (формула (175); прил. 7).}$$



0,1 г а=4,77595 (2,09382% от предельного значения) - условие выполнено.

а г 400 (1,19399% от предельного значения) - условие выполнено.

Определение коэффициента  $\gamma$  по табл. 77

Количество закреплений сжатого пояса в пролете - без закреплений.

Вид нагрузки - Равномерно распределенная к верхнему поясу.

Коэффициент принимается по табл. 77  $\gamma = 1,98208$ .

Тип балки - прокатный швеллер.

С учетом п. 3 прил. 7:

Коэффициент:

$$f_1 = 0,7 \gamma J_y/J_x (h/l_{ef})^2 E/R_y =$$
$$= 0,7 \cdot 1,98208 \cdot 12,64/65,59 \cdot (10/280)^2 \cdot 2100000/2350 = 0,30476 \text{ (формула (174); прил. 7).}$$

Т.к.  $f_1 \geq 0,85$ :

Коэффициент:

$$f_b = f_1 = 0,30476.$$

7) Продолжение расчета по п. 5.15

Момент сопротивления для сжатого пояса:

$$W_c = \min (W_{x1} ; W_{x2}) = \min(13,12;13,12) = 13,12 \text{ см}^3.$$

Проверка устойчивости балки

$M_x / (f_b W_c) = 9800 / (0,30476 \cdot 13,12) = 2450,94901 \text{ кгс/см}^2$   $r R_y g_c = 2350 \cdot 1,05 = 2467,5 \text{ кгс/см}^2$  (99,32924% от предельного значения) - условие выполнено (формула (34); п. 5.15 ).

### 3.2.2. Расчет центрально-сжатых сплошных колонн без ослаблений СП 53-102-2004 “Общие правила проектирования стальных конструкций”

Исходные данные:

Геометрические размеры элемента:

- Расчетная длина элемента  $l_{ex} = 900 \text{ мм}$ ;
- Расчетная длина элемента  $l_{ey} = 900 \text{ мм}$ ;

Нагрузка:

- Нормальная сила  $N = 15 \text{ тс} = 15 / 0,00010197162123 = 147099,7501 \text{ Н}$ ;

Физические характеристики:

- Модуль сдвига  $G = 78500 \text{ МПа}$ ;
- Модуль упругости  $E = 210000 \text{ МПа}$ ;

Прочность:

По причине отсутствия информации по материалу стеллажной конструкции, для расчета принимаем сталь С235.



(Вид металла - Фасонный прокат; Сталь и толщина металла - С235; От 2 до 8 мм):

- Предел текучести стали  $R_{yH} = 235$  МПа;
- Временное сопротивление стали разрыву  $R_{uH} = 360$  МПа;
- Расчетное сопротивление растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести  $R_y = 225$  МПа;
- Расчетное сопротивление растяжению, сжатию, изгибу по временному сопротивлению  $R_u = 350$  МПа;
- Расчетное сопротивление стали сдвигу  $R_s = 130$  МПа;

Коэффициенты надежности и условия работы:

- Коэффициент условия работы  $g_c = 1,05$ ;
- Коэффициент надежности в расчетах по временному сопротивлению  $g_u = 1,3$ ;

Основные характеристики сечений:

В виду того, что стойка имеет не стандартный гнутый профиль сложной формы, то для расчета принимаем равнополочный гнутый швеллер с геометрическими характеристиками близкими к фактическому профилю.



(Сечение ветви - из сортамента; Характеристики сечения - Швеллеры стальные гнутые равнополочные (сталь С235 и С245) по ГОСТ 8278-83; Гн. [ 80x80x3; Сечение - одноветьеовое):

- Высота сечения  $h = 80$  мм;
- Ширина сечения  $b = 80$  мм;
- Толщина стенки  $t_w = 3$  мм;

- Толщина полки  $t_f = 3$  мм;
- Радиус закругления  $r = 4$  мм;
- Площадь  $A = 6,88 \text{ см}^2 = 6,88 / 0,01 = 688 \text{ мм}^2$ ;
- Погонная масса  $m = 5,4008$  кг/м;
- Момент инерции  $J_x = 79,1 \text{ см}^4 = 79,1 / 0,0001 = 791000 \text{ мм}^4$ ;
- Момент инерции  $J_y = 47,03 \text{ см}^4 = 47,03 / 0,0001 = 470300 \text{ мм}^4$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{x1} = 19,77 \text{ см}^3 = 19,77 / 0,001 = 19770$  мм<sup>3</sup>;
- Момент сопротивления нетто  $W_{x2} = 19,77 \text{ см}^3 = 19,77 / 0,001 = 19770$  мм<sup>3</sup>;
- Момент сопротивления нетто  $W_{y1} = 16,56 \text{ см}^3 = 16,56 / 0,001 = 16560$  мм<sup>3</sup>;
- Момент сопротивления нетто  $W_{y2} = 9,11 \text{ см}^3 = 9,11 / 0,001 = 9110 \text{ мм}^3$ ;
- Статический момент  $S_x = 11,01 \text{ см}^3 = 11,01 / 0,001 = 11010 \text{ мм}^3$ ;
- Момент инерции при кручении  $J_t = 0,21 \text{ см}^4 = 0,21 / 0,0001 = 2100 \text{ мм}^4$ ;
- Отношение площади полки к площади стенки при изгибе вокруг оси X  
 $a_{fwx} = 1,08$ ;
- Отношение площади полки к площади стенки при изгибе вокруг оси Y  
 $a_{fwy} = 0,46$ ;

Характеристики сечения ветви:

- Высота сечения  $h_b = 80$  мм;
- Ширина сечения  $b_b = 80$  мм;
- Толщина стенки  $t_b = 3$  мм;
- Толщина полки  $t_{fb} = 3$  мм;
- Радиус закругления  $r = 4$  мм;
- Площадь сечения  $A_b = 6,88 \text{ см}^2 = 6,88 / 0,01 = 688 \text{ мм}^2$ ;



- Погонная масса  $m = 5,4$  кг/м;
- Момент инерции  $J_{xb} = 79,1 \text{ см}^4 = 79,1 / 0,0001 = 791000 \text{ мм}^4$ ;
- Момент инерции  $J_{yb} = 47,03 \text{ см}^4 = 47,03 / 0,0001 = 470300 \text{ мм}^4$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{x1b} = 19,77 \text{ см}^3 = 19,77 / 0,001 = 19770 \text{ мм}^3$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{x2b} = 19,77 \text{ см}^3 = 19,77 / 0,001 = 19770 \text{ мм}^3$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{y1b} = 16,56 \text{ см}^3 = 16,56 / 0,001 = 16560 \text{ мм}^3$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{y2b} = 9,11 \text{ см}^3 = 9,11 / 0,001 = 9110 \text{ мм}^3$ ;
- Статический момент  $S_{xb} = 11,01 \text{ см}^3 = 11,01 / 0,001 = 11010 \text{ мм}^3$ ;
- Момент инерции при кручении  $J_{tb} = 0,21 \text{ см}^4 = 0,21 / 0,0001 = 2100 \text{ мм}^4$ ;
- Отношение площади полки к площади стенки при изгибе вокруг оси X  
 $a_{fwxb} = 1,08$ ;
- Отношение площади полки к площади стенки при изгибе вокруг оси Y  
 $a_{fwyb} = 0,46$ ;

#### Характеристики сечения сварного соединения:

- Координата x точки шва, наиболее удаленной от центра тяжести расчетного сечения швов, относительно главных осей  $x = 51,62459$  мм;
- Координата y точки шва, наиболее удаленной от центра тяжести расчетного сечения швов, относительно главных осей  $y = 40,01012$  мм;

#### Результаты расчета:

- 1) Расчет на прочность элемента, подверженного центральному растяжению или сжатию.

#### Учет ослаблений сечения

Ослабления рассматриваемого сечения - отсутствуют.

Площадь нетто:

$$A_n = A = 688 \text{ мм}^2.$$

Элемент - сжатый.

Т.к.  $R_{yn} \geq 440$  МПа:

$N/(A_n R_y \gamma_c) = 147099,7501 / (688 \cdot 225 \cdot 1,05) = 0,90501 \leq 1$  (90,50065% от предельного значения) - условие выполнено (формула (5); п. 8.1.1 ).

2) Расчет на устойчивость элемента, подверженному центральному сжатию

Радиус инерции:

$$i_x = \sqrt{J_x/A} = \sqrt{791000/688} = 33,90736 \text{ мм.}$$

Гибкость стержня относительно оси x:

$$l_x = l_{efx}/i_x = 900/33,90736 = 26,54291.$$

Радиус инерции:

$$i_y = \sqrt{J_y/A} = \sqrt{470300/688} = 26,14528 \text{ мм.}$$

Гибкость стержня относительно оси y:

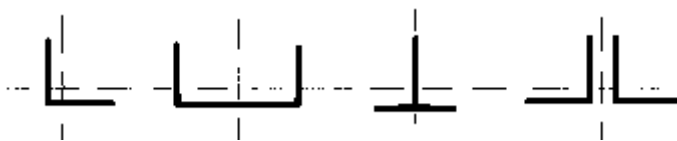
$$l_y = l_{efy}/i_y = 900/26,14528 = 34,42304.$$

Гибкость:

$$l = \max(l_x ; l_y) = \max(26,54291; 34,42304) = 34,42304.$$



Тип кривых устойчивости - с.



Радиус инерции:

$$i = \sqrt{J_x/A} = \sqrt{791000/688} = 33,90736 \text{ мм.}$$

Гибкость:

$$l = l_{efx}/i = 900/33,90736 = 26,54291.$$

Условная гибкость:

$$l = 1 ; R_y/E = 26,54291 \cdot \sqrt{225/210000} = 0,86882.$$

Коэффициент продольного изгиба принимается по табл. Ж.1 в зависимости от  $l$

$$f = 0,91937.$$

3) Проверка устойчивости:

$$N/(f A R_y g_c) = 147099,7501 / (0,91937 \cdot 688 \cdot 225 \cdot 1,05) = 0,98438 \text{ т}$$

(98,43768% от предельного значения) - условие выполнено (формула (7); п. 8.1.3 ).

Коэффициент:

$$a = N/(f A R_y g_c) = 147099,7501 / (0,91937 \cdot 688 \cdot 225 \cdot 1,05) = 0,98438 .$$

4) Проверка по условию предельной гибкости сжатых элементов

По таблице 30 СП 53-102-2004:

Тип элемента - 4. Основные колонны.

$l=26,54291 \text{ r } 180-60 \text{ a } =180-60 \cdot 0,98438=120,9372$  (21,94768% от предельного значения) - условие выполнено.

### 3.2.3. Расчет сжато-изогнутых элементов

СП 53-102-2004 “Общие правила проектирования стальных конструкций”

Исходные данные:

Геометрические размеры элемента:

- Расчетная длина элемента  $l_{fx} = 900$  мм;
- Расчетная длина элемента  $l_{fy} = 900$  мм;

Нагрузка:

- Нормальная сила  $N = 12 \text{ тс} = 12 / 0,00010197162123 = 117679,80008$  Н;
- Изгибающий момент  $M_x = 0,098 \text{ тс м} = 0,098 / 0,000000101972 = 961048,13086$  Н мм;
- Поперечная сила на одну стенку сечения  $Q_y = 0,139 \text{ тс} = 0,139 / 0,00010197162123 = 1363,12435$  Н;

Физические характеристики:

- Модуль сдвига  $G = 78500$  МПа;
- Модуль упругости  $E = 210000$  МПа;

Прочность:



По причине отсутствия информации по материалу стеллажной конструкции, для расчета принимаем сталь С235.

(Вид металла - Фасонный прокат; Сталь и толщина металла - С235 ; От 2 до 8 мм):

- Предел текучести стали  $R_{yH} = 235$  МПа;
- Временное сопротивление стали разрыву  $R_{uH} = 360$  МПа;
- Расчетное сопротивление растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести  $R_y = 225$  МПа;
- Расчетное сопротивление растяжению, сжатию, изгибу по временному сопротивлению  $R_u = 350$  МПа;

Коэффициенты надежности и условия работы:

- Коэффициент условия работы  $g_c = 1,05$ ;
- Коэффициент надежности в расчетах по временному сопротивлению  $g_u = 1,3$ ;

Основные характеристики сечений:

В виду того, что стойка имеет не стандартный гнутый профиль сложной формы, то для расчета принимаем равнополочный гнутый швеллер с геометрическими характеристиками близкими к фактическому профилю.

(Сечение ветви - из сортамента; Характеристики сечения - Швеллеры стальные гнутые равнополочные (сталь С235 и С245) по ГОСТ 8278-83; Гн. [ 80x80x3; Сечение - одноветьевое):

- Высота сечения  $h = 80$  мм;
- Ширина сечения  $b = 80$  мм;
- Толщина стенки  $t_w = 3$  мм;
- Толщина полки  $t_f = 3$  мм;
- Радиус закругления  $r = 4$  мм;

- Площадь  $A = 6,88 \text{ см}^2 = 6,88 / 0,01 = 688 \text{ мм}^2$ ;
- Погонная масса  $m = 5,4008 \text{ кг/м}$ ;
- Момент инерции  $J_x = 79,1 \text{ см}^4 = 79,1 / 0,0001 = 791000 \text{ мм}^4$ ;
- Момент инерции  $J_y = 47,03 \text{ см}^4 = 47,03 / 0,0001 = 470300 \text{ мм}^4$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{x1} = 19,77 \text{ см}^3 = 19,77 / 0,001 = 19770 \text{ мм}^3$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{x2} = 19,77 \text{ см}^3 = 19,77 / 0,001 = 19770 \text{ мм}^3$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{y1} = 16,56 \text{ см}^3 = 16,56 / 0,001 = 16560 \text{ мм}^3$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{y2} = 9,11 \text{ см}^3 = 9,11 / 0,001 = 9110 \text{ мм}^3$ ;
- Статический момент  $S_x = 11,01 \text{ см}^3 = 11,01 / 0,001 = 11010 \text{ мм}^3$ ;
- Момент инерции при кручении  $J_t = 0,21 \text{ см}^4 = 0,21 / 0,0001 = 2100 \text{ мм}^4$ ;
- Отношение площади полки к площади стенки при изгибе вокруг оси X  
 $a_{fwx} = 1,08$ ;
- Отношение площади полки к площади стенки при изгибе вокруг оси Y  
 $a_{fwy} = 0,46$ ;

#### Характеристики сечения ветви:

- Высота сечения  $h_b = 80 \text{ мм}$ ;
- Ширина сечения  $b_b = 80 \text{ мм}$ ;
- Толщина стенки  $t_b = 3 \text{ мм}$ ;
- Толщина полки  $t_{fb} = 3 \text{ мм}$ ;
- Радиус закругления  $r = 4 \text{ мм}$ ;
- Площадь сечения  $A_b = 6,88 \text{ см}^2 = 6,88 / 0,01 = 688 \text{ мм}^2$ ;
- Погонная масса  $m = 5,4 \text{ кг/м}$ ;

- Момент инерции  $J_{xb} = 79,1 \text{ см}^4 = 79,1 / 0,0001 = 791000 \text{ мм}^4$ ;
- Момент инерции  $J_{yb} = 47,03 \text{ см}^4 = 47,03 / 0,0001 = 470300 \text{ мм}^4$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{x1b} = 19,77 \text{ см}^3 = 19,77 / 0,001 = 19770 \text{ мм}^3$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{x2b} = 19,77 \text{ см}^3 = 19,77 / 0,001 = 19770 \text{ мм}^3$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{y1b} = 16,56 \text{ см}^3 = 16,56 / 0,001 = 16560 \text{ мм}^3$ ;
- Момент сопротивления нетто  $W_{y2b} = 9,11 \text{ см}^3 = 9,11 / 0,001 = 9110 \text{ мм}^3$ ;
- Статический момент  $S_{xb} = 11,01 \text{ см}^3 = 11,01 / 0,001 = 11010 \text{ мм}^3$ ;
- Момент инерции при кручении  $J_{tb} = 0,21 \text{ см}^4 = 0,21 / 0,0001 = 2100 \text{ мм}^4$ ;
- Отношение площади полки к площади стенки при изгибе вокруг оси X  
 $a_{fwxb} = 1,08$ ;
- Отношение площади полки к площади стенки при изгибе вокруг оси Y  
 $a_{fwyb} = 0,46$ ;

Характеристики сечения сварного соединения:

- Координата x точки шва, наиболее удаленной от центра тяжести расчетного сечения швов, относительно главных осей  $x = 51,62459 \text{ мм}$ ;
- Координата y точки шва, наиболее удаленной от центра тяжести расчетного сечения швов, относительно главных осей  $y = 40,01012 \text{ мм}$ ;

Результаты расчета:

- 1) Расчет на прочность внецентренно-сжатых или внецентренно-растянутых элементов

Проверка условий выполнения расчета по формуле (90):

Т.к.  $R_y \geq 440$  МПа:

Непосредственное воздействие на элемент динамических нагрузок - отсутствует.

Ослабления стенки отверстиями - отсутствуют.

Площадь нетто:

$$A_n = A = 688 \text{ мм}^2.$$

Касательные напряжения:

$$t = Q_y S_x / (J_x t_w) = 1363,12435 \cdot 11010 / (791000 \cdot 3) = 6,32448 \text{ МПа (формула (36); п. 9.2.1 )}.$$

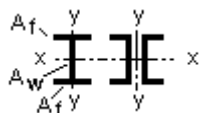
## 2) Продолжение расчета по п. 10.1.1

$$\text{Т.к. } t/R_s = 6,32448/130 = 0,04865 \leq 0,5 \text{ и } N/(A_n R_y) = 117679,80008 / (688 \cdot 225) = 0,76021 > 0,1 :$$

Следовательно, расчет должен быть выполнен по формуле (90)

3) Коэффициенты для расчета на прочность элементов стальных конструкций с учетом развития пластических деформаций.

Тип сечения по табл. К.1 - 1.





Коэффициент принимается по табл. К.1  $c_x = 1,0676$ .

Коэффициент принимается по табл. К.1  $c_y = 1,47$ .

Коэффициент принимается по табл. К.1  $n = 1,5$ .

Минимальное значение момента сопротивления нетто:

$$W_{xnmin} = \min (W_{xn1} ; W_{xn2}) = \min (19770; 19770) = 19770 \text{ мм}^3 .$$

Минимальное значение момента сопротивления нетто:

$$W_{ynmin} = \min (W_{yn1} ; W_{yn2}) = \min (16560; 9110) = 9110 \text{ мм}^3 .$$

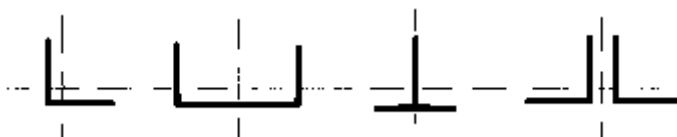
Изгиб - в одной из главных плоскостей.

$(N/(A_n R_y g_c))^n + M_x/(c_x W_{xnmin} R_y g_c) = (117679,80008/(688 \cdot 225 \cdot 1,05))^{1,5} + 961048,13086/(1,0676 \cdot 19770 \cdot 225 \cdot 1,05) = 0,80878 < 1$  (80,8779% от предельного значения) - условие выполнено (формула (90); п. 10.1.1 ).

4) Расчет на устойчивость внецентренно-сжатых элементов постоянного сечения из плоскости действия момента при изгибе в плоскости наибольшей жесткости, совпадающей с плоскостью симметрии ( $J_x > J_y$ )

Т.к.  $J_x = 791000 \text{ мм}^4$   $t$   $J_y = 470300 \text{ мм}^4$ :

Тип кривых устойчивости - с.



Радиус инерции:

$$i_y = \sqrt{J_y/A} = \sqrt{470300/688} = 26,14528 \text{ мм.}$$

Гибкость стержня относительно оси у:

$$l_y = l_{efy}/i_y = 900/26,14528 = 34,42304.$$

Условная гибкость:

$$l = l_y \cdot \sqrt{R_y/E} = 34,42304 \cdot \sqrt{225/210000} = 1,12676.$$

Коэффициент продольного изгиба принимается по табл. Ж.1 в зависимости от l

$$f_y = 0,88642.$$

5) Определение коэффициента  $\varphi$  для расчета на устойчивость из плоскости изгиба по формуле (56) п. 5.31

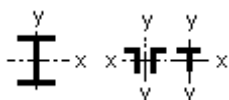
Момент сопротивления для сжатого пояса:

$$W_c = W_{x2} = 19770 \text{ мм}^3.$$

Относительный эксцентриситет:

$$m_x = (M_x/N) \cdot (A/W_c) = (961048,13086/117679,80008) \cdot (688/19770) = 0,2842.$$

Тип сечения - открытые.



Т.к.  $m_x \leq 5$ ;  $m_x \leq 1$  :

Коэффициент:



$$a = 0,7.$$

Коэффициент:

$$l_c = 3,14 ; E/R_y = 3,14 \cdot ; 210000/225 = 95,92858.$$

$$\text{Т.к. } l_y = 34,42304 \text{ r } l_c = 95,92858.$$

Коэффициент:

$$b = 1 .$$

Тип сечения - 1.

$$u = 1 - (l/14) (2,12 - b/h) = 1 - (1,12676/14) \cdot (2,12 - 80/80) = 0,90986 .$$

Коэффициент:

$$c = b / (1 + a u m_x) = 1 / (1 + 0,7 \cdot 0,90986 \cdot 0,2842) = 0,84673 \text{ (формула (97); п. 10.2.5).}$$

Коэффициент  $c$  не должен превышать  $c_{max}$ , определяемого в зависимости от коэффициентов:

Коэффициент:

$$r = (J_x + J_y) / (A h^2) = (791000 + 470300) / (688 \cdot 80^2) = 0,28645.$$

Коэффициент:

$$m = 2 + 0,156 J_t / (A h^2) l_y^2 = 2 + 0,156 \cdot 2100 / (688 \cdot 80^2) \cdot 34,42304^2 = 2,08816.$$

Коэффициент:

$$d = 4 r/m = 4 \cdot 0,28645/2,08816 = 0,54871.$$

Коэффициент:

$$\begin{aligned} c_{\max} &= 2/(1+d+; (1-d)^2+(16/m) (M_x/(N h))^2) = \\ &= 2/(1+0,54871+; (1-0,54871)^2+(16/2,08816) \cdot (961048,13086/(117679,80008 \cdot 80))^2) = 0,961. \end{aligned}$$

#### 6) Продолжение расчета по 10.2.4

$$\begin{aligned} N/(c \cdot f_y \cdot A \cdot R_y \cdot g_c) &= 117679,80008 / (0,84673 \cdot 0,88642 \cdot 688 \cdot 225 \cdot \\ &1,05) = 0,96462 \text{ г } 1 \text{ (96,4622\% от предельного значения)} - \text{условие выполнено} \\ &\text{(формула (96); 10.2.4).} \end{aligned}$$

Коэффициент:

$$a = N / (f_y \cdot A \cdot R_y \cdot g_c) = 117679,80008 / (0,88642 \cdot 688 \cdot 225 \cdot 1,05) = 0,81677.$$

Принимаем гибкость для проверки предельной гибкости:

Гибкость:

$$l = l_y = 34,42304.$$

#### 7) Проверка по условию предельной гибкости сжатых элементов

По таблице 30 СП 53-102-2004:

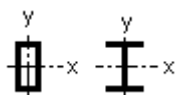
Тип элемента - 4. Основные колонны.

$$l = 34,42304 \text{ г } 180-60 \text{ а } = 180-60 \cdot 0,81677 = 130,9938 \text{ (26,27837\% от предельного значения)} - \text{условие выполнено.}$$



### 8) Расчет на устойчивость внецентренно-сжатых элементов в плоскости действия момента

Тип сечения - сплошнотенчатый стержень.



### 9) Определение гибкости стержня

Радиус инерции:

$$i = \sqrt{J_x/A} = \sqrt{791000/688} = 33,90736 \text{ мм.}$$

Гибкость стержня относительно оси x:

$$l_x = l_{efx}/i = 900/33,90736 = 26,54291.$$

Условная гибкость:

$$l = l_{efx}/i \cdot \sqrt{R_y/E} = 26,54291 \cdot \sqrt{225/210000} = 0,86882.$$

### 10) Продолжение расчета по п. 10.2.2

Момент сопротивления для сжатого пояса:

$$W_c = W_{x2} = 19770 \text{ мм}^3.$$

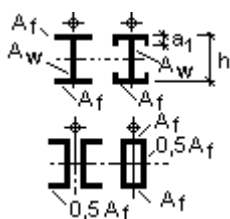
Относительный эксцентриситет:

$$m = (M_x/N) \cdot (A/W_c) = (961048,13086/117679,80008) \cdot (688/19770) = 0,2842.$$

$m < 20$  (1,421% от предельного значения) - условие выполнено.

### 11) Коэффициент влияния формы сечения

Тип сечения по табл. Ж.2 - 5.



Коэффициент влияния формы сечения принимается по табл. Ж.2  $h = 1,77226$ .

## 12) Продолжение расчета по п. 10.2.2

Приведенный относительный эксцентриситет:

$m_{ef} = h \cdot m = 1,77226 \cdot 0,2842 = 0,50368$  (формула (65); п. 10.2.2).

Т.к.  $m_{ef} < 20$ .

Коэффициент принимается по табл. Ж.3 в зависимости от  $l$  и  $m_{ef}$

$f_e = 0,7959$ .

$N / (f_e \cdot A \cdot R_y \cdot g_c) = 117679,80008 / (0,7959 \cdot 688 \cdot 225 \cdot 1,05) = 0,90967 < 1$   
(90,96685% от предельного значения) - условие выполнено (формула (94); п. 10.2.2 ).

Коэффициент:

$a = N / (f_e \cdot A \cdot R_y \cdot g_c) = 117679,80008 / (0,7959 \cdot 688 \cdot 225 \cdot 1,05) = 0,90967$ .

Гибкость:

$l = l_x = 26,54291$ .

### 13) Проверка по условию предельной гибкости сжатых элементов

По таблице 30 СП 53-102-2004:

$l=26,54291$  г 180-60 а  $=180-60 \cdot 0,90967=125,4198$  (21,16325% от предельного значения) - условие выполнено.

### 3.2.4. Расчет плиты на распределенную нагрузку

СНиП 2.03.01-84\* "Бетонные и железобетонные конструкции (с Изменениями N 1, 2)"

Исходные данные:

Коэффициенты условия работы:

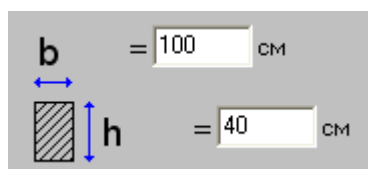
- Коэффициент условия работы бетона  $g_{b2} = 1,05$  ;

Усилия:

- Изгибающий момент (от всех нагрузок; относительно нейтральной оси)

$M = 6,93$  тс м  $= 6,93 / 101,97162123 = 0,06796$  МН м;

Размеры сечения:



- Высота сечения  $h = 40$  см  $= 40 / 100 = 0,4$  м;

- Ширина прямоугольного сечения  $b = 100$  см  $= 100 / 100 = 1$  м;

Расстояния от арматуры до грани бетона:

- Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре  $S$  до грани сечения

$$a = 5 \text{ см} = 5 / 100 = 0,05 \text{ м};$$

- Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре  $S'$  до грани сечения

$$a' = 21 \text{ см} = 21 / 100 = 0,21 \text{ м};$$

#### Характеристики продольной арматуры:

(Стержневая арматура; А - III, диаметром 10 -40 мм):

- Расчетное сопротивление растяжению для предельных состояний второй группы  $R_{S, ser} = 390 \text{ МПа};$

- Расчетное сопротивление продольной арматуры растяжению  $R_S = 365 \text{ МПа};$

- Расчетное сопротивление продольной арматуры сжатию  $R_{Sc} = 365 \text{ МПа};$

- Модуль упругости арматуры  $E_S = 200000 \text{ МПа};$

#### Характеристики бетона:

(Бетон тяжелый естественного твердения; В40):

- Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для пред. состояний I группы  $R_b = 22 \text{ МПа};$

- Расчетное сопротивление бетона растяжению для пред. состояний I группы  $R_{bt} = 1,4 \text{ МПа};$

- Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для пред. состояний II группы  $R_{b, ser} = 29 \text{ МПа};$

- Расчетное сопротивление бетона растяжению для пред. состояний II группы  $R_{bt, ser} = 2,1 \text{ МПа};$

- Модуль упругости бетона  $E_b = 36000 \text{ МПа};$

#### Площадь наиболее растянутой продольной арматуры:

(Стержневая арматура, диаметром 14 мм; 5 шт.):

- Площадь наиболее растянутой продольной арматуры





$$A_s = 7,7 \text{ см}^2 = 7,7 / 10000 = 0,00077 \text{ м}^2;$$

Площадь сжатой или наименее растянутой продольной арматуры:

(Стержневая арматура, диаметром 10 мм; 5 шт.):

- Площадь сжатой или наименее растянутой продольной арматуры

$$A'_s = 3,9 \text{ см}^2 = 3,9 / 10000 = 0,00039 \text{ м}^2;$$

Результаты расчета:

1) Расчет прямоугольных изгибаемых элементов

Определение относительной высоты сжатой зоны бетона

Бетон - тяжелый.

Коэффициент:

$$a = 0,85.$$

Характеристика сжатой зоны бетона:

$$w = a - 0,008 R_b g_{b2} = 0,85 - 0,008 \cdot 22 \cdot 1,05 = 0,6652.$$

Напряжения в арматуре:

$$s_{SR} = R_s = 365 \text{ МПа}.$$

Т.к.  $g_{b2} \leq 1$ .

Предельные напряжения в арматуре сжатой зоны:

$$s_{sc, u} = 400 \text{ МПа}.$$

Граничная относительная высота сжатой зоны:

$$x_R = w / (1 + (s_{SR} / s_{sc, u}) (1 - (w / 1,1))) =$$

$$= 0,6652 / (1 + (365/400) \cdot (1 - (0,6652/1,1))) = 0,48887 \text{ (формула (25); п. 3.12).}$$

## 2) Продолжение расчета по п. 3.15

Высота сжатой зоны бетона:

$$x = (R_s A_s - R_{sc} A'_s) / (g b^2 R_b b) = (365 \cdot 0,00077 - 365 \cdot 0,00039) / (1,05 \cdot 22 \cdot 1) = 0,006 \text{ м (формула (29); п. 3.15).}$$

Рабочая высота сечения:

$$h_0 = h - a = 0,4 - 0,05 = 0,35 \text{ м.}$$

Относительная высота сжатой зоны:

$$x = x/h_0 = 0,006/0,35 = 0,01714.$$

Т.к.  $x = 0,01714 < x_R = 0,48887$ ;  $x > 0$ .

$$M = 0,06796 \text{ МН м } < g b^2 R_b b x (h_0 - 0,5 x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') = 1,05 \cdot 22 \cdot 1 \cdot 0,006 \cdot (0,35 - 0,5 \cdot 0,006) + 365 \cdot 0,00039 \cdot (0,35 - 0,21) = 0,06802 \text{ МН м (99,90721\% от предельного значения) - условие выполнено (формула (28); п. 3.15 ).}$$

## 3) Минимальный процент армирования

Тип сечения - прямоугольное.

Арматура расположена по контуру сечения - не равномерно.

Элемент - изгибаемый.



Минимальный процент армирования:

$$a_{\min}=0,05 \%$$

Рабочая высота сечения:

$$h_0 = h-a=0,4-0,05 = 0,35 \text{ м.}$$

Площадь сечения бетона:

$$A = b h_0=1 \cdot 0,35 = 0,35 \text{ м}^2.$$

$$a_{\min}=0,05 \% \cdot 100 (A_s+A'_s)/A = 100 \cdot (0,00077+0,00039)/0,35=0,33143 \%$$

(15,08621% от предельного значения) - условие выполнено.

### 3.2.5. Расчет плиты на сосредоточенную нагрузку

СНиП 2.03.01-84\* "Бетонные и железобетонные конструкции (с Изменениями N 1, 2)"

Исходные данные:

Коэффициенты условия работы:

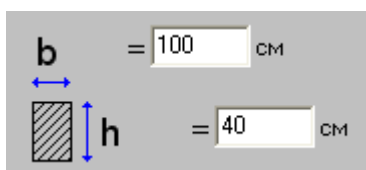
- Коэффициент условия работы бетона  $g_{b2} = 1,05$ ;

Усилия:

- Изгибающий момент (от всех нагрузок; относительно нейтральной оси)

$$M = 6,93 \text{ тс м} = 6,93 / 101,97162123 = 0,06796 \text{ МН м};$$

Размеры сечения:



- Высота сечения  $h = 40 \text{ см} = 40 / 100 = 0,4 \text{ м}$ ;
- Ширина прямоугольного сечения  $b = 100 \text{ см} = 100 / 100 = 1 \text{ м}$ ;

#### Расстояния от арматуры до грани бетона:

- Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре  $S$  до грани сечения  $a = 5 \text{ см} = 5 / 100 = 0,05 \text{ м}$ ;
- Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре  $S'$  до грани сечения  $a' = 21 \text{ см} = 21 / 100 = 0,21 \text{ м}$ ;

#### Нагрузка:

- Продавливающая сила  $F = 13,86 \text{ тс} = 13,86 / 101,97162123 = 0,13592 \text{ МН}$ ;

#### Характеристики продольной арматуры:

(Стержневая арматура; А - III, диаметром 10 -40 мм):

- Расчетное сопротивление растяжению для предельных состояний второй группы  $R_{S, ser} = 390 \text{ МПа}$ ;
- Расчетное сопротивление продольной арматуры растяжению  $R_S = 365 \text{ МПа}$ ;
- Расчетное сопротивление продольной арматуры сжатию  $R_{Sc} = 365 \text{ МПа}$ ;
- Модуль упругости арматуры  $E_S = 200000 \text{ МПа}$ ;

#### Характеристики бетона:

(Бетон тяжелый естественного твердения; В40):

- Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для пред. состояний I группы  $R_b = 22 \text{ МПа}$ ;
- Расчетное сопротивление бетона растяжению для пред. состояний I груп-

пы  $R_{bt} = 1,4$  МПа;

- Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию для пред. состояний II группы  $R_{b, ser} = 29$  МПа;

- Расчетное сопротивление бетона растяжению для пред. состояний II группы  $R_{bt, ser} = 2,1$  МПа;

- Модуль упругости бетона  $E_b = 36000$  МПа;

Площадь наиболее растянутой продольной арматуры:

(Стержневая арматура, диаметром 14 мм; 5 шт.):

- Площадь наиболее растянутой продольной арматуры

$$A_S = 7,7 \text{ см}^2 = 7,7 / 10000 = 0,00077 \text{ м}^2;$$

Площадь сжатой или наименее растянутой продольной арматуры:

(Стержневая арматура, диаметром 10 мм; 5 шт.):

- Площадь сжатой или наименее растянутой продольной арматуры

$$A'_S = 3,9 \text{ см}^2 = 3,9 / 10000 = 0,00039 \text{ м}^2;$$

Размеры площади действия продавливающей силы:

- Ширина площади действия продавливающей силы

$$L_B = 16 \text{ см} = 16 / 100 = 0,16 \text{ м};$$

- Длина площади действия продавливающей силы

$$L_A = 16 \text{ см} = 16 / 100 = 0,16 \text{ м};$$

Результаты расчета:

1) Расчет прямоугольных изгибаемых элементов

Определение относительной высоты сжатой зоны бетона

Бетон - тяжелый.

Коэффициент:

$$a = 0,85.$$

Характеристика сжатой зоны бетона:

$$w = a - 0,008 R_b g_{b2} = 0,85 - 0,008 \cdot 22 \cdot 1,05 = 0,6652.$$

Напряжения в арматуре:

$$s_{SR} = R_s = 365 \text{ МПа.}$$

Т.к.  $g_{b2} \leq 1$ .

Предельные напряжения в арматуре сжатой зоны:

$$s_{sc, u} = 400 \text{ МПа.}$$

Граничная относительная высота сжатой зоны:

$$\begin{aligned} x_R &= w / (1 + (s_{SR} / s_{sc, u}) (1 - (w / 1,1))) = \\ &= 0,6652 / (1 + (365 / 400) \cdot (1 - (0,6652 / 1,1))) = 0,48887 \text{ (формула (25); п. 3.12).} \end{aligned}$$

## 2) Продолжение расчета по п. 3.15

Высота сжатой зоны бетона:

$$\begin{aligned} x &= (R_s A_s - R_{sc} A'_s) / (g_{b2} R_b b) = \\ &= (365 \cdot 0,00077 - 365 \cdot 0,00039) / (1,05 \cdot 22 \cdot 1) = 0,006 \text{ м (формула (29); п. 3.15).} \end{aligned}$$

Рабочая высота сечения:

$$h_0 = h - a = 0,4 - 0,05 = 0,35 \text{ м.}$$

Относительная высота сжатой зоны:

$$x = x / h_0 = 0,006 / 0,35 = 0,01714.$$



Т.к.  $x=0,01714$  г  $x_R=0,48887$ ;  $x > 0$  :

$M=0,06796$  МН м г  $b^2 R_b b x (h_0-0,5 x)+R_{sc} A'_s (h_0-a')=1,05 \cdot 22 \cdot 1 \cdot 0,006 \cdot (0,35-0,5 \cdot 0,006)+365 \cdot 0,00039 \cdot (0,35-0,21)=0,06802$  МН м (99,90721% от предельного значения) - условие выполнено (формула (28); п. 3.15 ).

### 3) Расчет на продавливание плитных конструкций

Рабочая высота сечения:

$$h_0 = h-a=0,4-0,05 = 0,35 \text{ м.}$$

Коэффициент:

$$a = 1.$$

Среднеарифметическое значение периметров верхнего и нижнего основания пирамиды:

$$u_m = 2 (L_A+L_B)+4 h_0=2 \cdot (0,16+0,16)+4 \cdot 0,35 = 2,04 \text{ м.}$$

Хомуты в пределах пирамиды продавливания - отсутствуют.

$F=0,13592$  МН г  $a$  г  $b^2 R_{bt} u_m h_0=1 \cdot 1,05 \cdot 1,4 \cdot 2,04 \cdot 0,35=1,04958$  МН (12,94996% от предельного значения) - условие выполнено (формула (107); п. 3.42 ).

### 4) Минимальный процент армирования

Тип сечения - прямоугольное.

Арматура расположена по контуру сечения - не равномерно.

Элемент - изгибаемый.



Минимальный процент армирования:

$$a_{\min} = 0,05 \%$$

Рабочая высота сечения:

$$h_0 = h - a = 0,4 - 0,05 = 0,35 \text{ м.}$$

Площадь сечения бетона:

$$A = b h_0 = 1 \cdot 0,35 = 0,35 \text{ м}^2.$$

$$a_{\min} = 0,05 \% \cdot 100 (A_s + A'_s) / A = 100 \cdot (0,00077 + 0,00039) / 0,35 = 0,33143 \%$$

(15,08621% от предельного значения) - условие выполнено.

### **3.2.6. Расчет элементов без поперечной арматуры на продавливание при действии сосредоточенной силы**

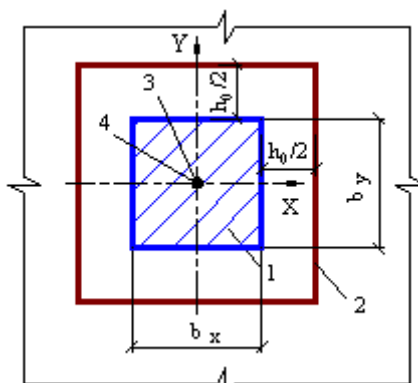
СП 52-101-2003 “Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры”

Исходные данные:

Контур продавливания:







(Схема расчетного контура продавливания - а) площадка расположения нагрузки внутри плоского элемента):

- Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре  $S$  в направлении  $X$  до ближайшей грани

$$a_x = 5 \text{ см} = 5 / 100 = 0,05 \text{ м};$$

- Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре  $S$  в направлении  $Y$  до ближайшей грани

$$a_y = 5 \text{ см} = 5 / 100 = 0,05 \text{ м};$$

- Ширина площади приложения нагрузки в направлении оси  $X$

$$b_x = 16 \text{ см} = 16 / 100 = 0,16 \text{ м};$$

- Ширина площади приложения нагрузки в направлении оси  $Y$

$$b_y = 16 \text{ см} = 16 / 100 = 0,16 \text{ м};$$

#### Размеры сечения:

- Высота сечения  $h = 40 \text{ см} = 40 / 100 = 0,4 \text{ м};$

#### Нагрузка:

- Сосредоточенная сила от внешней нагрузки  $F = 15 \text{ тс} = 15 / 101,97162123 = 0,1471 \text{ МН};$

#### Результаты расчета:

1) Определение нормативного сопротивления бетона

Класс бетона - В40.

Нормативное значение сопротивления бетона осевому сжатию для предельных состояний первой группы принимается по табл. 5.1  $R_{bn} = 29$  МПа.

Нормативное значение сопротивления бетона осевому растяжению для предельных состояний первой группы принимается по табл. 5.1  $R_{btn} = 2,1$  МПа.

## 2) Расчетное сопротивление бетона

Группа предельных состояний - первая.

Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию принимается по табл. 5.2  $R_b = 22$  МПа.

Назначение класса бетона - по прочности на сжатие.

Расчетное сопротивление бетона осевому растяжению принимается по табл. 5.2  $R_{bt} = 1,4$  МПа.

Расчетное значение сопротивления бетона осевому сжатию для предельных состояний второй группы:

$R_{b, ser} = R_{bn} = 29$  МПа (формула (5.1); п. 5.1.9).

Расчетное значение сопротивления бетона осевому растяжению для предельных состояний второй группы:

$R_{bt, ser} = R_{btn} = 2,1$  МПа (формула (5.2); п. 5.1.9).

## 3) Учет особенностей работы бетона в конструкции

Прогрессирующее разрушение - не рассматривается в данном расчете.

Действие нагрузки - продолжительное.

Коэффициент условия работы бетона, учитывающий длительность действия нагрузки:

$$g_{b1}=0,9.$$

Конструкция бетонируется - в горизонтальном положении.

Коэффициент условия работы бетона, учитывающий попеременное замораживание и оттаивание бетона:

$$g_{b3}=1.$$

Для надземной конструкции, при расчетной температуре наружного воздуха в зимний период не менее -40 град.:

Коэффициент условия работы бетона, учитывающий характер разрушения бетонных конструкций:

$$g_{b4}=1.$$

Конструкция - железобетонная.

Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию:

$$R_b = g_{b1} g_{b3} g_{b4} R_{b0} = 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 22 = 19,8 \text{ МПа.}$$

Расчетное сопротивление бетона осевому растяжению:

$$R_{bt} = g_{b1} R_{bt0} = 0,9 \cdot 1,4 = 1,26 \text{ МПа.}$$

4) Расчет элементов без поперечной арматуры на продавливание при дей-

ствии сосредоточенной силы

Рабочая высота сечения для продольной арматуры, расположенной в направлении X:

$$h_{0x} = h - a_x = 0,4 - 0,05 = 0,35 \text{ м.}$$

Рабочая высота сечения для продольной арматуры, расположенной в направлении Y:

$$h_{0y} = h - a_y = 0,4 - 0,05 = 0,35 \text{ м.}$$

Приведенная рабочая высота сечения:

$$h_0 = 0,5 (h_{0x} + h_{0y}) = 0,5 \cdot (0,35 + 0,35) = 0,35 \text{ м.}$$

Схема расчетного контура продавливания - а) площадка расположения нагрузки внутри плоского элемента.

Длина участка в направлении оси X:

$$L_x = b_x + h_0 = 0,16 + 0,35 = 0,51 \text{ м.}$$

Длина участка в направлении оси Y:

$$L_y = b_y + h_0 = 0,16 + 0,35 = 0,51 \text{ м.}$$

Периметр контура расчетного поперечного сечения:

$$u = 2 (L_x + L_y) = 2 \cdot (0,51 + 0,51) = 2,04 \text{ м.}$$

Площадь сечения бетона сжатой зоны:

$$A_b = u h_0 = 2,04 \cdot 0,35 = 0,714 \text{ м}^2 \text{ (формула (6.99); 6.2.47).}$$

Предельное усилие, воспринимаемое бетоном:

$$F_{b, ult} = R_{bt} A_b = 1,26 \cdot 0,714 = 0,89964 \text{ МН (формула (6.98); 6.2.47).}$$

5) Продолжение расчета по п. 6.2.47

$$F = 0,1471 \text{ МН} \text{ } r \text{ } F_{b, ult} = 0,89964 \text{ МН (16,35096\% от предельного значения)}$$

- условие выполнено (формула (6.97); п. 6.2.47).

**3.2.7. Минимальная несущая способность балки без учета веса конструкции:**

$$q = 8M / L^2 = 8 \cdot 0,098 / 2,8^2 = 0,0996 \text{ т} = 99,6 \text{ кг/м.}$$

**3.2.8. Минимальная несущая способность центральной стойки в сечении с отсутствием перфорации без учета веса конструкции:**

$$q = 15 \text{ тс.}$$

**3.2.9. Минимальная несущая способность крайней стойки в сечении с отсутствием перфорации без учета веса конструкции:**

$$q = 12 \text{ тс.}$$

**3.2.10. Минимальная несущая способность плиты на распределенную нагрузку без учета веса конструкции:**

$$q = 12M / L^2 = 12 \cdot 6,93 / 4^2 = 0,0996 \text{ т} = 5,2 \text{ т/м}^2.$$

### 3.2.11. Минимальная несущая способность плиты на сосредоточенную нагрузку без учета веса конструкции:

$$F = M / (x/2 - L/8) = 6,93 / (2|2-4|8) = 0,0996 \text{ т} = 13,6 \text{ тс.}$$

## 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Цель экспертизы:

Определение несущей способности пола (допустимой точечной и распределенной нагрузки на 1 кв.м пола) площадью 1000 м<sup>2</sup> и конструкций стеллажа (балка и стойка) складского здания.

### Ответ экспертизы:

Минимально-допустимая несущая способность плиты на сосредоточенную нагрузку составляет 13,6 т, а на распределенную нагрузку 5,2 т/м<sup>2</sup>. Минимально-допустимая несущая способность балки на распределенную нагрузку составляет 99,6 кг/м. Минимально-допустимая несущая способность центральной и крайней стоек составляет 15 т. и 12 т. соответственно.

Эксперт ООО «ТехСтройЭкспертиза» \_\_\_\_\_ (ФИО эксперта)  
(подпись эксперта)

### ПРИЛОЖЕНИЯ:

Приложение №1 – Фотографии на 2-х (двух) листах.

Приложение № 1



Фото 2

Фото 1

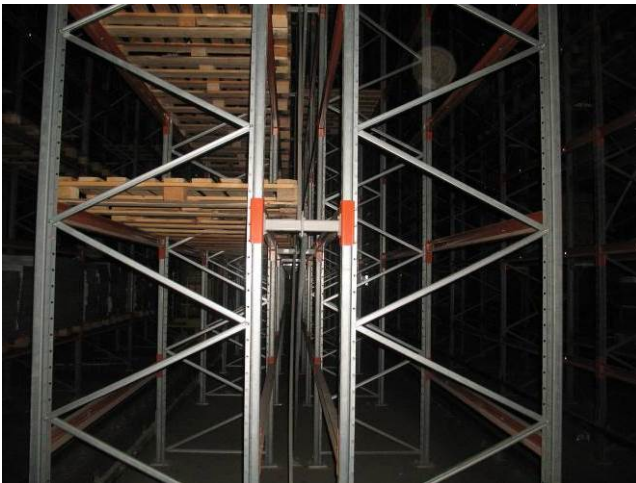


Фото 3



Фото 4



Фото 5



Фото 6



Фото 7



Фото 8



Фото 9



Фото 10



Фото 11



Фото 12