

РУКОВОДСТВО
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОСНОВАНИЙ ПОД РЕЛЬСОВЫЕ
ПУТИ КРАНОВ И ПЕРЕГРУЗАТЕЛЕЙ ИЗ СБОРНЫХ
БАЛОК, УЛОЖЕННЫХ НА ГРУНТ

РД 31.31.49 - 88

Москва 1988 г.

Разработано Союзморниипроектом
Директор института - Ф.Г. Аракелов
Начальник отдела
стандартизации - М.И. Калашников
Ст. инж. с. - руководитель
и исполнитель разработки - А.Н. Котц
Главный специалист
нормоконтроль - В.И. Ярошенко

Согласовано Главный инженер Главморречстрой
Минтрансстроя - Д.Ф. Черевач

РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ОСНОВАНИЙ ПОД РЕЛЬСОВЫЕ ПУТИ
КРАНОВ И ПЕРЕГРУЗАТЕЛЕЙ ИЗ СБОР-
НЫХ БАЛОК, УЛОЖЕННЫХ НА ГРУНТ

РД 31.31.49 - 88

Вводится впервые

Срок введения в действие
установлен с 01.01.89

Настоящее Руководство распространяется на проектирование конструкций сборных железобетонных балок, уложенных непосредственно на песчаный грунт и являющихся основанием рельсовых путей портовых порталных кранов и перегружателей.

Руководство рекомендуется для проектирования реконструкции существующих путей и опытного строительства новых.

I. Характеристики грунтового основания

IIПри проектировании следует использовать нормативные характеристики вновь образованного при строительстве основания из песчаного грунта, приведенные в таблице приложения I.

При строительстве крановых путей из сборных железобетонных балок, уложенных на грунтовое основание, полученное в результате засыпки пазухи причальных сооружений или образования территории порта, на момент устройства пути основание должно иметь относительную плотность сложения $D > 0,6$.

При $D < 0,6$ в зависимости от результатов технико-экономических расчетов необходимо провести уплотнение грунта или устраивать рельсовый путь по железобетонным балкам на свайном основании.

I.2. В случае реконструкции рельсовых путей характеристики грунтового основания и механические свойства его необходимо определить по результатам изысканий на объекте реконструкции.

При отсутствии данных изысканий, характеристики основания из песчаного грунта рекомендуется определять по формулам:

$$\Psi_t = \Psi_0 + n \cdot t, \text{ град.} \quad (1)$$

$$C_t = C_0 + K \cdot t, \frac{\kappa H}{m^2} \quad (2)$$

где t – количество лет прошедших после образования грунтового основания,

φ и C_c – угол внутреннего трения и удельное сцепление после образования грунтового основания, (по данным таблицы положения I)

n и K – коэффициенты, значения которых принимают для песчаных грунтов средней крупности $n=0,06$ и $K=0,004$ и мелкой $n=0,04$ и $K=0,005$

I.3. Механические характеристики грунтового основания следует определять по результатам штамповых испытаний, а до образования грунтового основания механические характеристики определяют по зависимости осадки штампа от приложенной нагрузки к нему по формуле:

$$y = \frac{[y]}{[R]} \frac{(1.5 - D) \cdot R}{(2.5 - D) - \bar{R}} \quad (3)$$

где y – абсолютная осадка штампа, м,

$[y]$ – предельная осадка штампа в момент достижения предельной несущей способности основания, м,

R – давление, передаваемое на основание, Па,

$[R]$ – предельная несущая способность основания, Па,

\bar{R} – относительное давление, равное $\frac{R}{[R]}$,

D – относительная плотность сложения грунтового основания, определяемая $D = \frac{\epsilon_p - \epsilon_e}{\epsilon_p - \epsilon_n}$
для вновь образованного основания принимают $D=0,5$

I.3.1. Осадку штампа в момент достижения предельной несущей способности грунтового основания определяют по формуле:

$$[y] = B(0,22 - 0,18D), \quad (4)$$

где: B – ширина штампа, м.

I.3.2. Предельную несущую способность грунтового основания определяют в соответствии со СНиП 2.02.01-83 по формуле:

$$[R] = A \cdot \gamma + B \cdot q + D \cdot c \quad (5)$$

где A , B и D - коэффициенты, определяемые по формуле:

$$A = \lambda_y \cdot n_y; \lambda_y = 0.9 (\lambda_q - 1) \cdot \operatorname{tg} \varphi;$$

$$B = \lambda_q \cdot n_q; \lambda_q = e^{\pi \operatorname{tg} \varphi} \cdot \operatorname{tg}^2 \varphi \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right);$$

$$D = \lambda_c \cdot n_c; \lambda_c = (\lambda_q - 1) \cdot \operatorname{ctg} \varphi;$$

$$n_y = 1 - \frac{0.25b}{\ell}; n_q = 1 + \frac{1.5b}{\ell}; n_c = 1 + \frac{0.3b}{\ell}$$

b - ширина подошвы балки, м.

ℓ - длина одной балки, м,

γ - удельный вес грунта, на глубину от подошвы балки до двойной ширины балки,

φ - нормативный угол внутреннего трения грунта основания, град

c - нормативное удельное сцепление грунта основания, $\frac{kH}{m^2}$,

q - нагрузка на уровне подошвы балки от грунта и покрытия, $\frac{kH}{m^2}$

I.3.3. В соответствии с зависимостью (3) модуль упругости грунтового основания на уровне подошвы балки определяют по формуле

$$E_o = 0.08 (3 - M^2) \cdot [K] \cdot b \frac{I(2.5 - D) - \bar{R}_o J^2}{(2.5 - D)(4.5 - D)} \cdot m \text{Pa}, \quad (6)$$

где $[K]$ - коэффициент жесткости основания в момент достижения предельной несущей способности основания, $[K] = \frac{[R]}{[q]}, \frac{kH}{m^3}$;

b - ширина балки, м;

$\bar{R}_o = \frac{R_o}{[R]}$ - относительная величина напряжения, при которой определяется модуль упругости E_o . Принимают R_o равным напряжению, передаваемому на основание от собственной массы конструкции;

M - коэффициент Пуассона.

2. Расчет конструкций

2.1. Конструкции оснований рельсовых путей рассчитывают по первой и второй группам предельных состояний.

По первой группе рассчитывают железобетонные конструкции на наибольшие расчетные усилия, полученные в результате статических расчетов балки, лежащей на грунтовом основании, и возникающие в строительный период.

По второй группе определяют наибольшие уклоны рельсового пути, которые не должны превышать нормативных значений.

К этой группе также относятся расчеты по определению ширины раскрытия трещин в наиболее напряженном сечении железобетонной конструкции.

2.2. Нагрузка на рельсовые пути, уложенные по железобетонным балкам, состоит из постоянной нагрузки от собственного веса конструкции и временной-от катков перегрузочных механизмов.

2.3. Временную нагрузку от кранов и перегружателей принимают в соответствии с Нормами технологического проектирования морских портов РД 31.31.37-78.

2.4. При относительной плотности сложения грунтового основания $\mathcal{D} < 0,85$ в качестве расчетной модели основания рекомендуется принимать комбинированную модель, в которой учитываются упругие и остаточные деформации грунта (см. таблицы приложения 2).

2.5. При относительной плотности сложения грунтового основания $\mathcal{D} \geq 0,85$ допускается использовать расчетные модели основания в виде упругого полупространства с определением E_0 по формуле (6) или по гипотезе коэффициента постели, при значении

$$\kappa_n = \frac{E_0}{\delta}, \quad \frac{\kappa H}{m^3}. \quad (7)$$

Грунтовое основание в расчетах принимают однородным.

2.6. При расчетах по упругим моделям необратимым деформации основания допускается определять по формуле:

$$y_{\text{необр.}}^k = y_{\text{упр.}}^k (n_k - 1), M \quad (8)$$

где $y_{\text{необр.}}^k$ – необратимая информация основания в точке "К", М;

$y_{\text{упр.}}^k$ – упругая деформация по расчету в точке "К", М;

n_k – коэффициент, определяемый по формуле:

$$n_k = \frac{2,5 - D - \bar{R}_0}{2,5 - D - \bar{R}_k} \quad (9)$$

\bar{R}_k – относительное давление на основание в точке "К".

2.7. Наибольшие нормативные изгибающие моменты в балках кранового пути находят при двух схемах расположении наибольшей нагрузки от ноги крана, посередине длины балки (схема № 1) и при расположении нагрузок по концам балки (схема 2, Рис. I).

2.8. Расчетные значения изгибающих моментов, растягивающих нижнюю часть балки, определяют умножением нормативного значения на коэффициент условий работы $m=1,25$, учитывающий неоднородность свойств грунтового основания под балкой.

Значения расчетных изгибающих моментов, растягивающих верхнюю часть балки, полученных по комбинированной модели с односторонней связью балки с основанием, умножаются на $M=1,0$, а по упр.гой модели на $m=0,8$.

2.9. Наибольший уклон рельсового пути получают при расположении нагрузки у стыка сборных балок, если жесткость стыка меньше жесткости балки.

Допускается проводить расчет балок, у которых стык имеет жесткость, равной жесткости балки. Тогда полученный наибольший прогиб в месте стыка Δ_0 следует умножить на величину K_u , определяемую по графику (рис. 2) по значениям отношения жесткости стыка к

Схема I

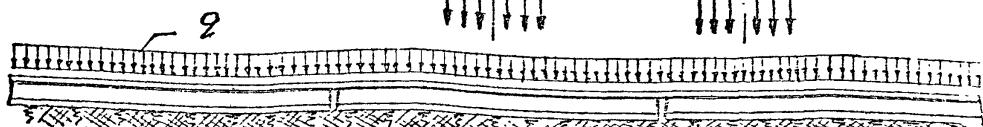
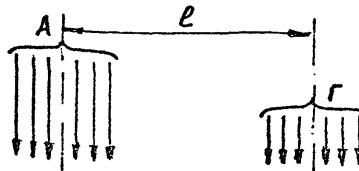


Схема 2

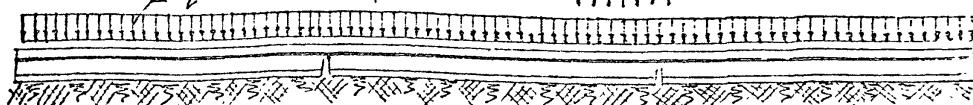
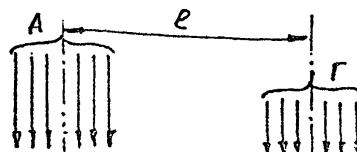


Рис. I. Схемы нагрузок от крана

- ℓ – расстояние между осями ног крана, м,
- А, Г – нагрузки на ноги крана, определяемые по РД 31.37-76,
- q – собственный вес конструкции, $\kappa H/m$.

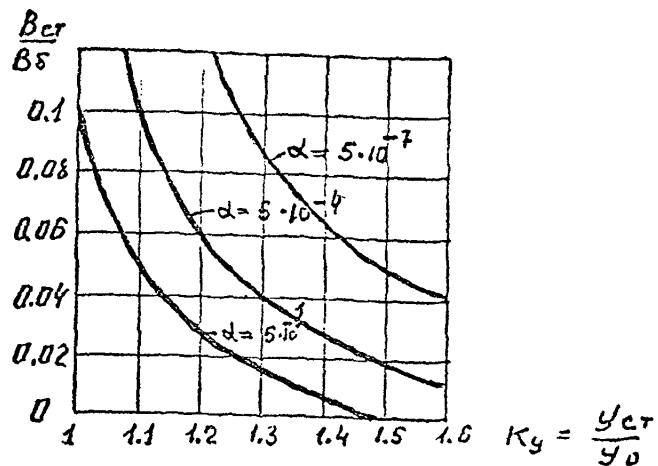


Рис. 2. График определения поправочного коэффициента K_y к прогибу балки в месте стыка.

B_{cr} - жесткость стыка; B_δ - жесткость балки $\text{Па} \text{м}^4$;
 α - показатель гибкости системы "балка-основание"

$$\alpha = \frac{\pi C_y^4 \cdot E_0}{6 B_\delta (1 - M_0^2)} ;$$

y_{cr} - осадка балки в месте стыка, жесткость которого отличается от жесткости балки, M ;

y_0 - осадка балки в месте стыка, жесткость которого равна жесткости балки, $B_{cr} = B_\delta, M$.

жесткости балки и показателю гибкости системы $\alpha = \frac{\pi \cdot E_o \cdot C_y^4}{G \cdot B_o (I - m^2)}$
где-

C_y - длина участка, на которые поделена балка при расчете по методу Б.Н. Жемочкина, м.

2.10. Наибольший уклон рельсового пути должен быть меньше или равен нормативному уклону или допускаемому уклону для конкретного крана или перегружателя. Нормативный уклон принимают по таблице 5 "Правил устройства и эксплуатации грузоподъемных кранов" Металлургия, 1976 г.

2.11. Нормативные изгибающие моменты, действующие в поперечном направлении балки, и перерезывающие силы определяют для сечения, в котором действует наибольшее реактивное давление при расчете в продольном направлении. Эпюра реактивного давления в поперечном направлении принимается равномерной с ординатой, равной давлению в этом сечении, полученному при расчете в продольном направлении.

2.12. Расчетные изгибающие моменты в поперечном направлении определяют по нормативным значениям, умноженным на коэффициент условия работы m : для $0,1 > \alpha \geq 0,01 - m = 0,9$
для $\alpha < 0,01$

$$m = 1,25 - 0,35 \bar{R} \quad (10)$$

где \bar{R} - относительное напряжение на грунтовое основание в месте определения изгибающих моментов в поперечном направлении,

2.13. Необратимые деформации грунтового основания после приложения нагрузки более 30 раз определяют по формуле;

$$y_{\text{необр.}} = 1,5 \cdot y_{\text{необр.}, m}^{n=1} \quad (II)$$

где $y_{\text{необр.}}$ - необратимые деформации после первого загружения, определяемые расчетом, м.

$\gamma_{\text{необр.}}^{n>30}$ – необратимые деформации после многократного загружения,

3. Конструирование и подготовка основания.

3.1. Длина сборных железобетонных конструкций основания рельсового пути должна быть равной длине рельса.

3.2. Высота сборных балок выбирается в диапазоне от 0,45 до 0,8 м. Высота балки определяется по необходимой жесткости, при которой наибольший уклон рельсового пути меньше или равен нормативному значению.

3.3. Для балок рекомендуется принимать наиболее экономичное тавровое сечение.

3.4. Ширину подошвы балки принимают в диапазоне от 1,0 до 1,8 м. Конкретные размеры назначают по результатам расчета по второй группе предельных состояний.

3.5. Полку тавра балки проектируют толщиной 0,2 – 0,25 м в месте примыкания к ребру и 0,1 – 0,15 м на конце полки.

Толщину ребра таврового сечения балки рекомендуется назначать от 0,3 до 0,5 м (Рис. 3)

3.6. В месте стыка балок проектируют соединения, которые должны обеспечить наименьшую разность деформаций концов смежных балок. Возможные конструктивные решения приведены на рис. 4.

3.7. Конструктивные соединения балок должны обеспечивать быстрый монтаж и демонтаж для производства текущего ремонта и подбивки основания.

.8. Крепления рельса к сборной железобетонной балке должны обеспечивать возможность монтажного перемещения рельса в сторону от оси на ± 20 мм и по высоте + 20 мм.

Проверенное в эксплуатации крепление приведено на рис. 5.

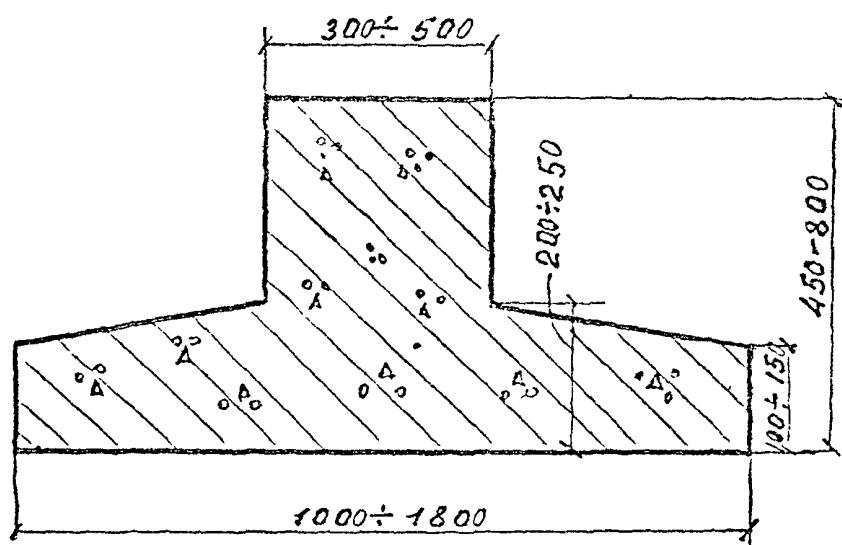
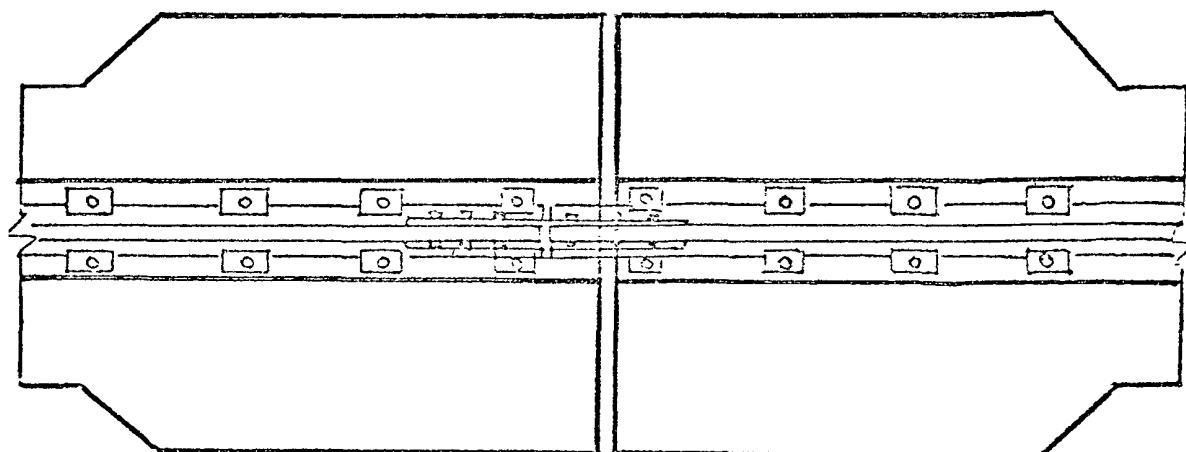
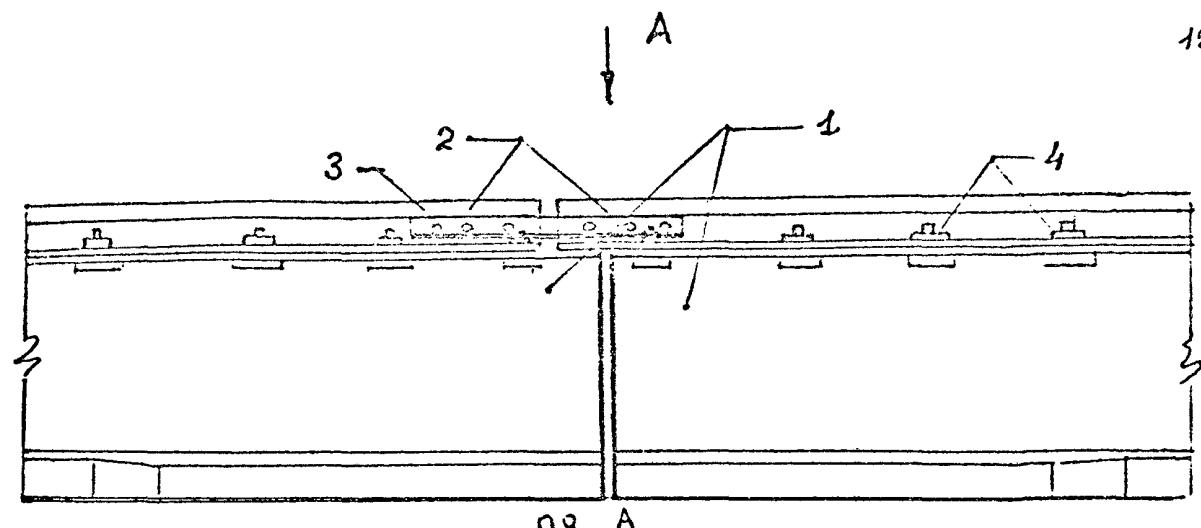
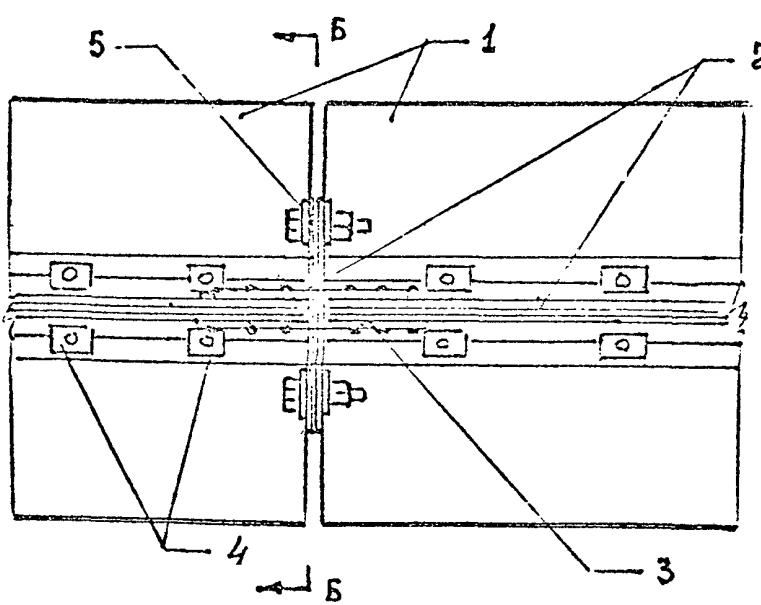


Рис. 3.

Рекомендуемые размеры сечения
балки.



ПЛАН



Б-Б

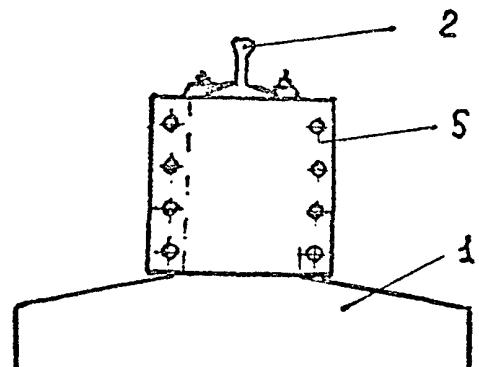


Рис. 4. Конструктивные решения соединения балок.

1 - сборные балки; 2 - рельсы; 3 - рельсовые соединительные накладки; 4 - крепление рельса к балке; 5 - фланцевое соединение балок.

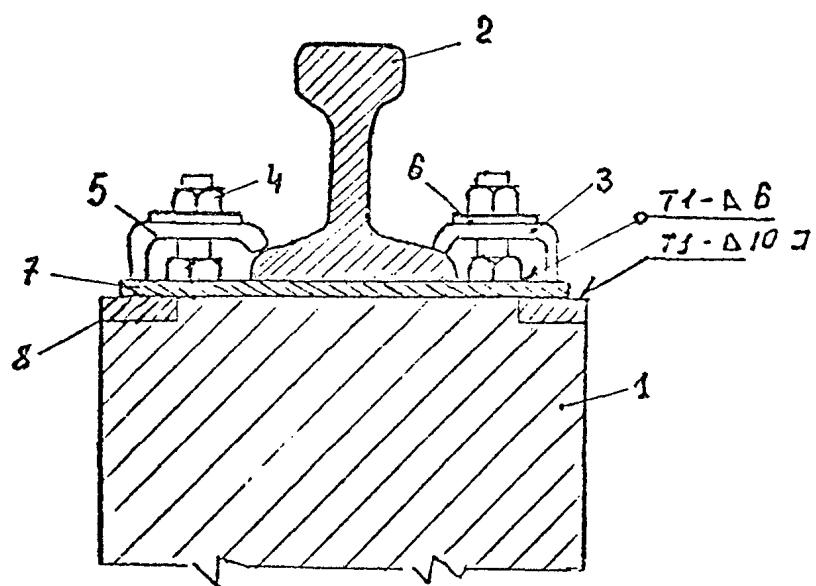


Рис. 5. Крепление рельса к балке.

1-балка; 2- рельс; 3- клемма; 4- гайка; 5- болт;
6 -шайба ; 7- металлическая подкладка ; 8- закладная деталь .

3.I0. До укладки балок на грунтовое основание с целью уменьшения накопления остаточных деформаций под концами балок рекомендуется произвести уплотнение грунта в местах стыка балок до $\lambda_0,7$.

3.II. До ввода в эксплуатацию рельсовых путей рекомендуется производить обкатку пути кранами при незаполненной грунтом траншеи, в которую уложены балки.

Количество проходов крана по балкам следует назначать не менее 30.

Приложение I
(обязательное)

Нормативные характеристики грунтового основания,
образованного при строительстве.

Грунты основания	Относительная плотность	Угол внутреннего трения и коэффициент вариации	Модуль деформации E МПа и коэффициент Пуассона μ при нагрузке R на основание						
			0,2	0,4	0,6	E	μ	E	μ
Гравийлистый или щебеночный	D	φ°	ψ_φ	E	μ	E	μ	E	μ
	0,6	35	0,045	27	0,25	22	0,25	16	0,27
Крупный песок	0,8	36		55		43		31	
	0,6	34	0,047	23	0,28	20	0,29	14	0,3
Средней крупности песок	0,8	35		47		38		30	
	0,6	33	0,05	20	0,31	16	0,32	12	0,33
Мелкий песок	0,8	34		40		35		28	
	0,6	32	0,07	16	0,33	14	0,33	10	0,34
	0,8	33		35		29		24	

Приложение № 2
(рекомендуемое)

Примеры расчета
сборных конструкций балок, выполненных
по комбинированной модели основания.

Приложение 2 продолжение

Пояснения к результатам расчета.

Конструкция основания рельсовых путей состоит из сборных балок длиной 12,5 м, соединенных между собой рельсом.

Для расчета конструкции балок они условно разбиты на участки длиной 1 м. Каждый участок имеет жесткость, определенную для балки высотой 0,65 м. В месте стыка балок участок имеет жесткость рельса.

Грунтовое основание представлено комбинированной моделью, которая позволяет производить расчеты при нелинейной зависимости осадок от нагрузки.

Связь между конструкцией и основанием односторонняя т.е. учитывается влияние основания только для сжимающих усилий.

Программа для расчета балок на ЭВМ написана на языке Фортран хранится в Союзморнипроекте.

Характеристики основания приняты для песчаных грунтов (мелких песков, песков средней крупности и крупных песков) с относительной плотностью сложения основания $D_s > 0,6$.

Нагрузка на рельсовые пути от крана принята в соответствии с Нормами технологического проектирования морских портов, РД 31.31.37-78 и относится к нагрузке К-35 при шести катках в ноге крана.

Эта схема дает наибольшие усилия в конструкции и деформации ее.

Расчеты проведены для балок, имеющих ширину плиты подошвы 1,2 и 1,8 м.

ЛЮБОВЬЮЮЩИЕ РЕАКТИВЫ

ПРИМЕНЯЮЩИЕСЯ

$$\varphi = 32^\circ$$

$$\chi = 175 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

$$t = 0,6$$

$$E_0 = 104 \text{ МПа}$$

$$\alpha = 0,027$$

$$h = 0,05 \text{ м}$$

$$B = 4,2 \text{ м}$$

Нагрузка по

$$K = 3,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

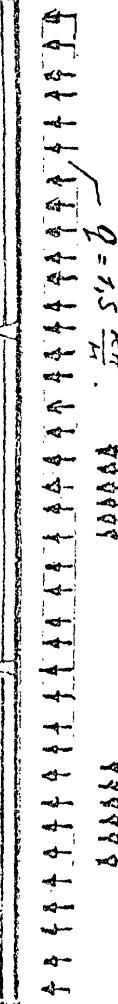
2100

кН

1200

кН

СИЛЫ



W

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ
ХИЛКИХ ХИЛКИХ СУМ. М

ПРОГИБЫ
ЧИЛ. М

РЕФЕРЕНЦИРУЮЩИЕ
ХИЛКИХ

9.46965	9.31549	-0.02629	-0.00623	1.27859
1.44285	-2.69248	-0.01002	-0.00982	0.15961
1.99355	-1.43217	-0.02147	-0.00937	0.25809
1.94133	-1.37628	-0.00760	-0.00956	0.21053
1.77626	-1.22477	-0.00783	-0.00974	0.18025
1.62023	-1.14462	-0.01012	-0.01003	0.05303
1.57273	-1.12542	-0.01055	-0.01046	0.09642
1.47681	-1.0988	-0.01103	-0.01096	0.27656
1.36433	-1.06334	-0.01165	-0.01156	0.50055
2.48377	-1.06337	-0.01237	-0.01228	0.80011
3.31034	-0.51214	-0.01322	-0.01336	1.25556
4.65377	-0.55516	-0.01420	-0.01415	2.15936
6.94955	0.0212	-0.01357	-0.01357	3.66107
9.33219	-4.26225	-0.02229	-0.02448	0.04727
7.96447	-3.63556	-0.03073	-0.03432	-0.21140
-2.71752	-13.8378	-0.04193	-0.04426	24.36833
-3.65826	-13.64894	-0.06420	-0.05511	-45.60707
-2.47912	-23.52501	-0.07773	-0.06408	-19.99909
-3.20045	-24.29236	-0.08348	-0.06950	2.54008
-30.77323	-26.44206	-0.08760	-0.07030	24.80960
-55.19279	-24.00011	-0.08122	-0.06660	49.80067
-17.20654	-20.03049	-0.07120	-0.05975	27.35408
11.37003	-15.55555	-0.05127	-0.05220	9.70743
22.14278	-12.50509	-0.04793	-0.04531	-3.79868
18.97191	-12.54565	-0.04309	-0.03070	-14.95347
6.84377	-2.94471	-0.02995	-0.02073	-14.54712
-11.28557	-12.50261	-0.04493	-0.04074	-28.15024
-32.43465	-14.16453	-0.04758	-0.04434	13.64767
-40.54394	-15.42639	-0.05223	-0.04614	0.87534
-47.37003	-15.53374	-0.05131	-0.04536	11.97818
-34.93944	-14.02973	-0.04091	-0.04206	26.64250
-15.02558	-11.45816	-0.04015	-0.03671	14.39272
0.20769	-2.65684	-0.03284	-0.03072	5.50451
0.48132	-5.07502	-0.02025	-0.02486	-0.39552
0.16435	-5.83900	-0.02002	-0.01944	-3.41632
0.55167	-1.73212	-0.01665	-0.01446	-4.01830
0.26594	2.81314	-0.02786	-0.00980	-1.33709
-0.27134	5.02292	-0.02515	-0.00315	-0.33352

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБЫ		
$\times 10 \text{ кН}$	$\times 10 \text{ кН}$	сум. м
0.11283	-0.87380	-0.00449
0.29417	-1.77386	-0.00539
0.30101	-1.16005	-0.00532
0.18573	-1.31339	-0.00563
0.03991	-1.31558	-0.00588
-0.17849	-1.29766	-0.00912
-0.45715	-1.28999	-0.00937
-0.76140	-1.20763	-0.00959
-1.01267	-1.11819	-0.00981
-0.98685	-0.63235	-0.00984
-0.17590	-0.00004	-0.00998
1.94557	0.00087	-0.00712
5.56824	0.00227	-0.00761
9.85695	-2.78522	-0.01378
11.34903	-2.75398	-0.02225
3.92428	-14.42949	-0.03245
-19.27649	-19.97385	-0.04403
-51.56688	-24.67152	-0.05542
-71.96349	-27.28719	-0.06268
-70.32973	-27.31953	-0.05318
-46.72444	-24.83530	-0.05975
-11.48587	-20.48213	-0.04597
13.95836	-15.59844	-0.03706
22.00865	-11.30142	-0.02920
17.71707	-7.93744	-0.02345
6.26025	-1.70791	-0.01771
-10.42341	-11.06954	-0.02840
-29.55580	-14.31469	-0.03153
-41.51344	-16.38586	-0.03476
-41.07988	-16.61124	-0.03473
-28.53296	-15.01038	-0.03144
-9.64543	-12.23540	-0.02622
3.52262	-9.02780	-0.02056
7.88963	-9.15563	-0.01483
6.84512	-3.14276	-0.01112
3.74511	-0.51134	-0.00768
0.83641	0.00164	-0.00487
-0.69387	0.00424	-0.00210

ПРОГИБЫ		
мм	m	мм
-0.0044	-0.0044	0.45133
-0.00531	-0.00531	-0.17731
-0.00527	-0.00527	0.06936
-0.00557	-0.00557	-0.14507
-0.00581	-0.00581	0.22377
-0.00605	-0.00605	-0.28097
-0.00630	-0.00630	0.32895
-0.00653	-0.00653	-0.27810
-0.00675	-0.00675	-0.11993
-0.00680	-0.00680	0.62125
-0.00698	-0.00698	2.12120
-0.00712	-0.00712	3.62225
-0.00761	-0.00761	5.12496
-0.01346	-0.01346	3.28269
-0.02062	-0.02062	-5.72208
-0.02854	-0.02854	-21.53746
-0.03673	-0.03673	-44.00607
-0.04401	-0.04401	-19.61191
-0.04841	-0.04841	1.64346
-0.04877	-0.04877	22.86002
-0.04514	-0.04514	47.55766
-0.03894	-0.03894	23.97910
-0.03224	-0.03224	6.76097
-0.02645	-0.02645	-5.30074
-0.02190	-0.02190	-13.32566
-0.01746	-0.01746	-13.87515
-0.02396	-0.02396	-25.65860
-0.02776	-0.02776	-11.33623
-0.03000	-0.03000	0.50073
-0.02992	-0.02992	12.36725
-0.02750	-0.02750	25.55455
-0.02355	-0.02355	12.37207
-0.01901	-0.01901	3.03872
-0.01419	-0.01419	-1.64803
-0.01083	-0.01083	-3.91935
-0.00765	-0.00765	-3.03296
-0.00487	-0.00487	-1.53098
-0.00210	-0.00210	-0.02590

ПЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ
 $\times 10 \text{ кН}$

$$\begin{aligned} \Phi &= 32^\circ & h &= 0.65 \text{ м} \\ \gamma &= 1.75 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} & \beta &= 1.2 \text{ м} \\ \delta &= 0.8 & E_c &= 176 \text{ ГПа} \\ \alpha &= 0.046 & \text{Нагрузка по} & \underline{\text{Схема 1}} \end{aligned}$$

Изгибющие моменты
прочие

Изгибющие моменты
прочие

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГРИБЫ		
$x10^4 \text{ кНм}$	$x10^4 \text{ кПа}$	СУММЫ
0.12050	-0.56461	-0.00412
0.33152	-1.17130	-0.00508
0.37330	-0.80128	-0.00499
0.26559	-0.89166	-0.00328
0.10833	-0.85884	-0.00547
-0.11781	-0.87705	-0.00371
-0.40218	-0.84978	-0.00392
-0.70097	-0.78867	-0.00911
-0.91272	-0.71302	-0.00930
-0.86637	-0.54483	-0.00345
-0.18190	-0.11284	-0.00646
1.65595	0.00038	-0.00060
4.94397	0.00120	-0.00991
8.95548	-1.72807	-0.01236
10.59138	-5.15762	-0.01908
4.27618	-8.55902	-0.02705
-16.80635	-13.07392	-0.03581
-46.68706	-16.54460	-0.04410
-65.48337	-19.23825	-0.04728
-63.87500	-19.23517	-0.04760
-41.94977	-17.05394	-0.04522
-9.10159	-13.39480	-0.03796
14.18568	-9.81434	-0.03074
21.02234	-6.26647	-0.02477
16.55183	-4.51311	-0.02057
5.56228	-1.12750	-0.01396
-10.40808	-7.23413	-0.02333
-28.75780	-9.49114	-0.02759
-40.14381	-11.24172	-0.03011
-39.64492	-11.32670	-0.02995
-27.38463	-10.14511	-0.02733
-8.94520	-7.29628	-0.02284
4.29074	-5.62348	-0.01315
8.74201	-3.71195	-0.01401
7.74628	-2.16804	-0.01052
4.44197	-0.25996	-0.00759
1.04827	-0.56053	-0.00505
-0.74347	-0.00127	-0.00246

ПРОГРИБЫ		
y	Δ	Δ
-0.00411	-0.48360	-0.12473
-0.00505	-0.06703	-0.17203
-0.00497	-0.0525	-0.21795
-0.00525	-0.0544	-0.29664
-0.00544	-0.0589	-0.32624
-0.00608	-0.24584	-0.24584
-0.00628	-0.02928	-0.49002
-0.00643	-0.0646	1.78690
-0.00660	3.28759	4.78975
-0.00691	-0.01223	3.17923
-0.01849	-4.60460	-19.23083
-0.02555	-41.26389	-17.76416
-0.03298	-1.60698	-0.98367
-0.03958	-0.04355	-0.04383
-0.04355	-0.04056	-0.04056
-0.04383	44.28659	21.67596
-0.04056	-0.03489	-0.03489
-0.02891	5.51016	-5.34948
-0.02374	-12.69308	-13.22258
-0.01996	-24.74399	-10.68803
-0.01585	-0.02231	-0.02598
-0.01585	-0.02806	-0.02806
-0.02231	-0.02790	-0.02565
-0.02598	11.68831	24.92761
-0.02806	-0.02175	-0.01754
-0.02565	12.21323	-1.59055
-0.01754	3.59096	-3.99302
-0.01370	-0.01035	-0.00755
-0.01035	-0.00503	-0.00246
-0.00755	-1.53199	-0.02862
-0.00503	-0.00246	-0.00246

$\alpha = 0.034$

$K = 3.5$ Схема f

Приложение 2
ПРОДОЛЖЕНИЕ

$$\varphi = 32^\circ$$

$$h = 0.65 \text{ м}$$

$$E = 1.8 \text{ ГПа}$$

Нагрузка по

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ Действие ПРОГИБЫ			
х10 кНм	х10 кПа	СУМ. м	ПРОГИБ
-0.03134	-0.50257	-0.00255	-0.00263
-0.14345	-0.87357	-0.00282	-0.00281
-0.26384	-0.70163	-0.00286	-0.00285
-0.30225	-0.87434	-0.00310	-0.00305
-0.35209	-0.90841	-0.00327	-0.00325
-0.53063	-0.92818	-0.00343	-0.00341
-0.87911	-0.94620	-0.00359	-0.00356
-1.41130	-0.92100	-0.00371	-0.00368
-2.03138	-0.74045	-0.00372	-0.00370
-2.38290	-0.33482	-0.00363	-0.00362
-1.86903	-0.00023	-0.00351	-0.00351
-0.00502	-0.00115	-0.00323	-0.00323
8.36856	-0.83311	-3.83329	-0.83327
8.70082	-0.57434	-0.01085	-0.01051
-8.89572	-0.78137	-0.01641	-0.01544
-36.05232	-13.52681	-0.02308	-0.02097
-36.05232	-17.90964	-0.02375	-0.02615
-53.68515	-20.32330	-0.03387	-0.02922
-52.80293	-20.29924	-0.03400	-0.02933
-33.36630	-17.84605	-0.03016	-0.02652
-4.35807	-13.57181	-0.02398	-0.02176
14.90854	-0.45848	-0.01307	-0.01695
18.77273	-5.65032	-0.01360	-0.01308
13.63212	-2.92897	-0.01351	-0.01030
4.23640	-1.25794	-0.00924	-0.00916
-9.12506	-6.70213	-0.01372	-0.01310
-24.76282	-10.39608	-0.01773	-0.01648
-34.27870	-12.23513	-0.01938	-0.01824
-33.29686	-11.80482	-0.01934	-0.01780
-21.73677	-10.64803	-0.01754	-0.01627
-4.81907	-8.32762	-0.01438	-0.01357
6.46867	-5.20577	-0.01064	-0.01026
9.26169	-3.51776	-0.00813	-0.00793
7.25587	-1.66691	-0.00578	-0.00571
3.63262	-0.11951	-0.00394	-0.00394
0.05213	0.00000	-0.00325	-0.00325
-0.38210	0.00142	-0.00180	-0.00183

ПРЕДЕРЖИВАЮЩИЕ СИЛЫ
х10 кН

$$\varphi = 32^\circ \quad h = 0.65 \text{ м}$$

$$\gamma = 175 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \quad B = 1.8 \text{ м}$$

Нагрузка по
Схема 1

К-35

Продолжение
проециение

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГРЫВЫ		
$\times 10^4 \text{ кН}$	$\times 10^4 \text{ кПа}$	смм. м
0.26040	-0.38201	-0.00534
0.76989	-2.15545	-0.00723
0.98195	-1.29812	-0.00702
0.87201	-1.32146	-0.00728
0.69320	-1.28855	-0.00754
0.48140	-1.21138	-0.00773
0.29686	-1.19784	-0.00810
0.19110	-1.13003	-0.00843
0.22793	-1.06742	-0.00881
0.51228	-0.90971	-0.00919
1.30143	-0.43049	-0.00949
3.05943	-0.00017	-0.01007
6.18901	0.00212	-0.01020
9.72267	-3.65763	-0.01363
9.85594	-9.02119	-0.02822
0.68572	-14.31172	-0.03718
-24.13510	-19.52412	-0.05093
-57.55138	-24.54147	-0.06189
-78.35709	-26.65774	-0.06375
-76.34206	-26.67334	-0.06739
-51.67242	-24.35594	-0.06402
-14.73800	-20.32813	-0.05491
12.51355	-15.84152	-0.04534
22.05402	-12.52511	-0.03740
18.30864	-9.39363	-0.03142
6.38351	-1.45433	-0.02294
-11.26186	-11.76518	-0.03356
-31.66280	-14.20039	-0.03819
-44.89833	-15.94692	-0.04093
-45.25616	-15.92049	-0.04067
-32.82001	-14.44552	-0.03694
-13.37451	-11.76397	-0.03138
1.04506	-8.76633	-0.02531
6.39523	-5.97951	-0.01768
6.00564	-3.75921	-0.01460
3.09937	-0.70804	-0.01018
-0.26112	-0.80178	-0.00524
-1.28686	-0.80471	-0.00229

ПРОГРИВЫ		
$\times 10^4 \text{ м}$	$\times 10^4 \text{ м}$	ПРЕДЕРЖИВАЮЩИЕ СИЛЫ
-0.00533	-0.00533	1.04158
-0.00697	-0.00714	-0.04520
-0.00723	-0.00723	-0.10294
-0.00748	-0.00748	-0.18869
-0.00773	-0.00773	-0.23495
-0.00805	-0.00805	-0.18860
-0.00838	-0.00838	-0.12601
-0.00876	-0.00876	0.1795
-0.01007	-0.01007	0.23704
-0.01007	-0.01007	3.12900

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ
 $\Phi = 34^{\circ}$ $h = c_1 65 \text{ м}$
 $\delta = 175 \frac{\text{мм}}{\text{м}}$ $C = 1.2 \text{ кн}$
 $E_o = 136 \text{ ГПа}$
 $\alpha = 0.036$
 Нагрузка по
 схеме I
 схема I

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБЫ		
$x \cdot 10^3 \text{ кН}$	$x \cdot 10^3 \text{ кПа}$	Сумм. Δz
-0.00861	-1.22129	-0.00355
-0.04581	-1.51753	-0.00397
-0.18977	-1.64215	-0.00396
-0.29782	-1.27847	-0.00425
-0.39173	-1.35374	-0.00449
-0.59293	-1.37173	-0.00471
-0.93298	-1.36560	-0.00470
-1.39247	-1.29498	-0.00506
-1.85913	-1.66882	-0.00515
-2.03201	-0.58786	-0.00516
-1.37825	-0.00020	-0.00513
-0.59981	-0.00147	-0.00530
4.07937	-0.00202	-0.00575
8.61664	-1.47977	-0.00950
11.44113	-7.75176	-0.01364
6.53576	-13.78288	-0.02307
-13.54937	-20.28163	-0.03188
-43.07849	-25.88390	-0.04049
-62.03069	-28.94412	-0.04589
-60.81403	-28.99821	-0.04919
-39.45738	-25.92622	-0.04133
-7.62431	-23.67792	-0.03347
14.38629	-14.60943	-0.02584
20.05743	-9.76384	-0.02000
15.17756	-6.62166	-0.01591
4.49944	-1.84960	-0.01325
-10.40702	-16.70562	-0.01721
-27.94550	-14.84417	-0.02352
-38.68304	-16.93428	-0.02584
-37.84622	-17.70636	-0.02625
-25.73776	-15.08084	-0.02307
-7.64164	-12.17400	-0.01731
4.99425	-19.07022	-0.01233
8.28946	-5.72327	-0.01117
6.53161	-2.62723	-0.00309
3.03385	-0.30226	-0.00368
0.07685	-0.00114	-0.00397
-1.47434	-0.00092	-0.00183

ПРОГИБЫ		
$z \cdot 10^3 \text{ м}$	$x \cdot 10^3 \text{ м}$	ПЕРЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ
-0.00353	-0.00394	-0.03716
-0.00393	-0.00422	-0.07132
-0.00393	-0.00446	-0.19581
-0.00466	-0.00466	-0.34138
-0.00486	-0.00486	-0.48061
-0.00502	-0.00512	-0.53458
-0.00512	-0.00513	-0.31717
-0.00514	-0.00513	0.47739
-0.00500	-0.00500	1.97763
-0.00575	-0.00575	3.47939
-0.00941	-0.01487	4.70608
-0.01487	-0.01564	-3.09602
-0.02105	-0.02307	-18.13548
-0.02776	-0.03188	-40.97345
-0.03381	-0.04049	-18.03413
-0.03743	-0.04589	1.23291
-0.03766	-0.04919	20.43504
-0.03450	-0.04133	43.32358
-0.02910	-0.03347	20.25006
-0.02343	-0.02584	4.21875
-0.01875	-0.02000	-6.00386
-0.01529	-0.01591	-11.72985
-0.01310	-0.01325	-12.44938
-0.01790	-0.01721	-23.79752
-0.02129	-0.02352	-10.11032
-0.02305	-0.02584	1.06854
-0.02329	-0.02625	11.32091
-0.02085	-0.02307	24.72391
-0.01784	-0.01731	11.61511
-0.01445	-0.01233	2.23034
-0.01085	-0.01117	-2.53708
-0.00795	-0.00309	-4.18976
-0.00567	-0.00368	-3.05319
-0.00397	-0.00397	-1.55182
-0.00183	-0.00183	-0.04724

$$\begin{aligned}
 & \psi = 34^\circ \\
 & \gamma = 175 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \\
 & E_c = 230 \text{ ГПа} \\
 & d = 0.6 \\
 & \beta = 1.2 \\
 & \text{Нагрузка по К-35 Схема 1} \\
 & \text{ПРОДОЛЖЕНИЕ}
 \end{aligned}$$

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ РАВЕНИЕ ПРОГИБЫ		
$\times 10 \text{ кНм}$	$\times 10 \text{ кПа}$	Сум. м
-0.01801	-0.79330	-0.00330
-0.01614	-1.02933	-0.00373
-0.14793	-0.69833	-0.00367
-0.25261	-0.84711	-0.00394
-0.34413	-0.91153	-0.00418
-0.53887	-0.89254	-0.00434
-0.84861	-0.89230	-0.00452
-1.25384	-0.86838	-0.00469
-1.68570	-0.76348	-0.00480
-1.92010	-0.49919	-0.00481
-1.43737	-0.02211	-0.00473
0.34082	-0.00065	-0.00466
3.63015	-0.00103	-0.00524
7.98227	-0.97415	-0.00855
10.83653	-4.71465	-0.01379
6.61706	-2.64928	-0.01949
-11.96751	-13.24259	-0.02687
-39.65121	-17.52582	-0.03348
-57.33714	-20.20192	-0.03762
-56.19287	-20.17877	-0.03780
-36.23672	-17.40942	-0.03414
-6.34602	-13.37184	-0.02314
14.07693	-9.19958	-0.02216
18.97468	-6.03782	-0.01747
14.12695	-3.72142	-0.01414
4.16720	-1.22748	-0.01189
-10.14540	-6.82328	-0.01707
-26.60880	-9.93553	-0.02085
-36.36343	-11.79109	-0.02313
-35.10533	-12.03894	-0.02321
-23.22415	-10.52415	-0.02095
-5.87613	-8.59756	-0.01741
5.87374	-5.72060	-0.01374
8.74631	-3.52377	-0.01028
6.77927	-1.31903	-0.00712
3.26137	-0.41775	-0.00543
0.19240	-0.22003	-0.00403
-1.45559	-0.0169	-0.00204

ПРОГИБЫ зур. м		
ПЕРЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ $\times 10 \text{ кН}$		
$\times 10 \text{ кН}$		
-0.00329	0.07205	
-0.00371	-0.28073	
-0.00366	-0.03773	
-0.00393	-0.06253	
-0.00416	-0.20329	
-0.00432	-0.30935	
-0.00451	-0.41529	
-0.00467	-0.47907	
-0.00478	-0.35333	
-0.00480	0.24813	
-0.00473	1.78793	
-0.00466	3.28910	
-0.00524	4.79095	
-0.00851	4.53749	
-0.01349	-2.44887	
-0.01910	-16.51756	
-0.02524	-38.85422	
-0.03078	-16.50870	
-0.03414	1.12784	
-0.03431	18.30605	
-0.03138	41.10873	
-0.02641	18.53943	
-0.02122	3.48019	
-0.01699	-5.88644	
-0.01390	-11.08499	
-0.01182	-11.79446	
-0.01654	-22.57635	
-0.01991	-8.90631	
-0.02185	1.36974	
-0.02193	11.19965	
-0.01994	23.75618	
-0.01676	10.68057	
-0.01338	1.88349	
-0.01012	-2.95930	
-0.00708	-3.83356	
-0.00541	-3.44551	
-0.00403	-1.54946	
-0.00204	-0.04641	

$$\begin{aligned}
 \varphi &= 34^\circ \\
 \gamma &= 175 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} \\
 \delta &= 0.6 \\
 E_c &= 170 \text{ МПа} \\
 d &= 0.044 \\
 K-35 & \quad \text{Нагрузка по} \\
 & \quad \text{Схема 1}
 \end{aligned}$$

Использование
нагрузки

в расчете

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГИБЫ		
$X10 \text{ КН/м}$	$X10 \text{ кПа}$	см. м
-0.07276	-0.99502	-0.00205
-0.29310	-0.83773	-0.00211
-0.48390	-0.60789	-0.00211
-0.49815	-0.86508	-0.00233
-0.46449	-0.90439	-0.00247
-0.57309	-0.96670	-0.00262
-0.89461	-0.97317	-0.00273
-1.44761	-0.93468	-0.00282
-2.13423	-0.78773	-0.00285
-2.65116	-0.44611	-0.00280
-2.42396	-0.00023	-0.00265
-0.89674	-0.00123	-0.00238
2.13201	-0.00072	-0.00315
6.66204	0.00016	-0.00435
10.96143	-3.84691	-0.00762
9.60480	-8.20838	-0.01173
-5.46936	-13.42013	-0.01082
-29.92421	-18.56324	-0.02208
-45.98151	-21.49101	-0.02538
-45.36203	-21.39455	-0.02342
-27.92555	-18.47333	-0.02234
-1.97712	-13.32768	-0.01736
14.46973	-8.61043	-0.01291
16.46024	-4.90998	-0.00754
10.91446	-1.65046	-0.00708
2.59958	-1.27597	-0.00684
-8.97558	-6.37661	-0.01002
-22.67661	-10.69446	-0.01331
-30.56100	-12.64172	-0.01501
-29.04398	-13.13051	-0.01522
-18.43448	-10.89124	-0.01320
-3.24858	-8.25104	-0.01063
6.46683	-4.76286	-0.00766
8.32549	-3.01755	-0.00577
6.18213	-1.42624	-0.00419
2.74071	-0.34828	-0.00306
-0.15644	-0.00007	-0.00242
-1.71064	-0.00071	-0.00176

ПРОГИБЫ	
$Y_{\text{нр. п}}$	$Y_{\text{нр. п}}$
-0.00203	-0.00211
-0.00211	-0.00211
-0.00232	-0.00232
-0.00246	-0.00246
-0.00260	-0.00260
-0.00272	-0.00272
-0.00280	-0.00280
-0.00284	-0.00284
-0.00286	-0.00286
-0.00265	-0.00265
-0.00238	-0.00238
-0.00315	-0.00315
-0.00435	-0.00435
-0.00747	-0.00747
-0.01124	-0.01124
-0.01566	-0.01566
-0.01998	-0.01998
-0.02259	-0.02259
-0.02263	-0.02263
-0.02023	-0.02023
-0.01618	-0.01618
-0.01235	-0.01235
-0.00930	-0.00930
-0.00702	-0.00702
-0.00679	-0.00679
-0.00969	-0.00969
-0.01258	-0.01258
-0.01403	-0.01403
-0.01419	-0.01419
-0.01246	-0.01246
-0.01018	-0.01018
-0.00747	-0.00747
-0.00568	-0.00568
-0.00418	-0.00418
-0.00306	-0.00306
-0.00242	-0.00242
-0.00176	-0.00176

ПЕРЕРЫВАЮЩИЕ СИЛЫ
 $X10 \text{ КН}$

-0.29931	-0.29931
0.10648	0.10648
0.04935	0.04935
-0.07856	-0.07856
-0.31861	-0.31861
-0.57032	-0.57032
-0.75274	-0.75274
-0.67066	-0.67066
0.02035	0.02035
1.52677	1.52677
3.02898	3.02898
4.53028	4.53028
6.03057	6.03057
0.60613	0.60613
-12.06896	-12.06896
-35.32516	-35.32516
-14.74008	-14.74008
0.57611	0.57611
16.06592	16.06592
36.81392	36.81392
14.32410	14.32410
0.32533	0.32533
-7.01263	-7.01263
-8.48335	-8.48335
-9.28009	-9.28009
-19.25797	-19.25797
-7.00798	-7.00798
1.73694	1.73694
9.6204	9.6204
21.49780	21.49780
8.14593	8.14593
1.07279	1.07279
-2.85831	-2.85831
-3.92711	-3.92711
-3.05401	-3.05401
-1.055388	-1.055388
-0.05261	-0.05261

$\phi = 0.8$ $K = \frac{K_1}{K_3}$
 $E_c = 2.57 \text{ ГПа}$ $\alpha = 0.0475$

Нагрузка по
К-35 Схема 1

Изгибющие моменты
Продольные силы

$h = 0.65 \text{ м}$
 $b = 1.8$

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРОГИБЫ	$\times 10^3 \text{ кН}$	$\text{X} \times 10^3 \text{ ПД}$	внутр. ин
-0.06346	-1.03620	-0.00441	
0.14363	-1.62404	-0.00511	
0.10108	-1.12251	-0.00511	
0.01754	-1.26757	-0.00541	
-0.05984	-1.32180	-0.00569	
-0.20038	-1.29937	-0.00593	
-0.46966	-1.30862	-0.00620	
-0.67130	-1.25791	-0.00644	
-0.90563	-1.02521	-0.00662	
-0.89920	-0.76813	-0.00677	
-0.26038	-0.27062	-0.00696	
1.48590	-0.00060	-0.00712	
4.65184	-0.00160	-0.00777	
8.55315	-2.21929	-0.01262	
10.52201	-7.67126	-0.01730	
4.61321	-13.36374	-0.02709	
-15.99631	-19.60373	-0.03571	
-45.44321	-25.63670	-0.04400	
-64.02440	-29.15379	-0.04918	
-62.54538	-29.18242	-0.04754	
-41.05247	-25.75627	-0.04313	
-8.89806	-20.01070	-0.03784	
13.81157	-14.48229	-0.03058	
20.29239	-10.04205	-0.02484	
15.85498	-6.85516	-0.02058	
5.26019	-1.77233	-0.01694	
-10.19634	-10.80593	-0.02346	
-28.04424	-14.56678	-0.02765	
-39.02815	-17.14437	-0.03023	
-33.34221	-17.23381	-0.03004	
-26.25627	-15.39117	-0.02742	
-8.23345	-12.19506	-0.02313	
4.42136	-8.10963	-0.01305	
8.54026	-5.04163	-0.01387	
7.63142	-3.56473	-0.01070	
4.24065	-1.10447	-0.00784	
0.84662	0.76532	-0.00557	
-0.91874	0.00283	-0.00303	

ПРОГИБЫ	загр. ин
-0.00439	
-0.00508	
-0.00509	
-0.00538	
-0.00566	
-0.00590	
-0.00616	
-0.00640	
-0.00656	
-0.00675	
-0.00695	
-0.00712	
-0.00777	
-0.01250	
-0.01866	
-0.02553	
-0.03269	
-0.03914	
-0.04300	
-0.04331	
-0.04612	
-0.03458	
-0.02874	
-0.02376	
-0.01997	
-0.01681	
-0.02237	
-0.02591	
-0.02800	
-0.02781	
-0.02560	
-0.02191	
-0.01742	
-0.01357	
-0.01080	
-0.00780	
-0.00555	
-0.00303	

ПЕРЕРЫВАЮЩИЕ СИЛЫ	$\times 10^3 \text{ кН}$
0.25584	
-0.19301	
-0.04002	
-0.06110	
-0.14727	
-0.20651	
-0.27635	
-0.28634	
-0.08859	
-0.48966	
1.66472	
3.16564	
4.66756	
3.50446	
-4.20104	
-18.73752	
-40.76199	
-17.52605	
1.48940	
20.46329	
43.55576	
21.04291	
-5.15697	
-5.39349	
-12.11968	
-12.74648	
-24.21359	
-10.21773	
0.71382	
11.53325	
24.56384	
11.42978	
3.19823	
-1.35172	
-4.12940	
-3.95477	
-1.53639	
-0.03300	

$\varphi = 36^\circ$ $h = 0.65 \text{ м}$
 $\chi = 1.75$ $E = 12 \text{ ГПа}$
 $\Phi = 0.6$ $E_0 = 180 \text{ ГПа}$
 $\alpha = 0.047$

Нагрузка по

K-35 Схема

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ
 $\times 10^4 \text{ кН}$ $\times 10^4 \text{ кПа}$ сум. м

-0.64645	-1.40484	-0.00273
-0.17265	-1.222612	-0.00288
-0.27879	-1.03610	-0.00297
-0.25661	-1.29392	-0.00321
-0.23033	-1.36230	-0.00340
-0.33503	-1.41818	-0.00357
-0.62649	-1.42394	-0.00373
-1.10013	-1.34091	-0.00385
-1.65361	-1.17715	-0.00393
-2.00901	-0.61112	-0.00390
-1.57913	0.00036	-0.00378
0.16815	0.00174	-0.00360
3.41704	0.00153	-0.00442
8.05686	0.36836	-0.00656
11.94160	-6.78174	-0.01099
9.23632	-13.03480	-0.01039
-7.91166	-20.29105	-0.02297
-34.60826	-26.96184	-0.02558
-51.91732	-30.74377	-0.03377
-50.96753	-30.68721	-0.03389
-31.71080	-26.85884	-0.03303
-3.03181	-20.43756	-0.02402
15.79406	-13.85988	-0.01827
19.17747	-8.31813	-0.01377
13.73308	-3.92948	-0.01067
4.36725	-1.89352	-0.00972
-8.70847	-9.45051	-0.01363
-23.76126	-15.39583	-0.01753
-32.51196	-18.55132	-0.01989
-31.06487	-18.50667	-0.01976
-19.74171	-16.51688	-0.01777
-3.53326	-12.17522	-0.01421
7.15720	-7.52493	-0.01059
9.69453	-4.95286	-0.00810
7.77351	-2.43295	-0.00594
4.30166	-0.34828	-0.00427
1.30091	-0.00070	-0.00318
-0.11207	-0.00232	-0.00203

ПРОГИБЫ
 дм. м

-0.00271	-0.00286
-0.00286	-0.00295
-0.00319	-0.00319
-0.00337	-0.00337
-0.00355	-0.00355
-0.00370	-0.00370
-0.00382	-0.00382
-0.00391	-0.00391
-0.00388	-0.00388
-0.00378	-0.00378
-0.00360	-0.00360
-0.00442	-0.00442
-0.00655	-0.00655
-0.01063	-0.01063
-0.01536	-0.01536
-0.02072	-0.02072
-0.02573	-0.02573
-0.02876	-0.02876
-0.02888	-0.02888
-0.02614	-0.02614
-0.02163	-0.02163
-0.01705	-0.01705
-0.01322	-0.01322
-0.01047	-0.01047
-0.00963	-0.00963
-0.01296	-0.01296
-0.01623	-0.01623
-0.01811	-0.01811
-0.01800	-0.01800
-0.01636	-0.01636
-0.01338	-0.01338
-0.01020	-0.01020
-0.00790	-0.00790
-0.00587	-0.00587
-0.00426	-0.00426
-0.00318	-0.00318
-0.00203	-0.00203

ПРЕДЕРЖИВАЮЩИЕ СИЛЫ
 $\times 10^4 \text{ кН}$

-0.1858	-0.15715
-0.04682	0.09953
-0.08793	-0.28975
-0.49854	-0.49854
-0.60764	-0.52021
0.24644	0.24644
1.74687	1.74687
3.24895	3.24895
4.75078	4.75078
5.30875	5.30875
-0.82934	-0.82934
-14.97110	-14.97110
-37.32034	-37.32034
-16.17456	-16.17456
0.73291	0.73291
18.10825	18.10825
39.87764	39.87764
16.85257	16.85257
1.72072	1.72072
-6.76104	-6.76104
-9.07641	-9.07641
-10.74866	-10.74866
-20.82924	-20.82924
-7.80423	-7.80423
1.43419	1.43419
10.72618	10.72618
22.40593	22.40593
9.29567	9.29567
1.76575	1.76575
-2.67767	-2.67767
-4.09722	-4.09722
-3.01516	-3.01516
-1.51432	-1.51432
-0.01154	-0.01154

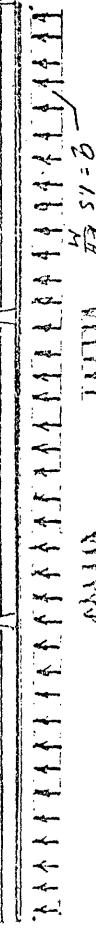
$E_0 = 305 \text{ ГПа}$
 $\lambda = 0.08$
 К-35 Схема I.

Изгибающие моменты
 $h = 0.65 \text{ м}$
 Продолжение
 $\varphi = 36^\circ$
 $\gamma = 175 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$
 $E = 4.2 \text{ ГПа}$

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ РАВНЕНИЕ ПРОГИБЫ
Х/10 КН/М Х/10 КПД СУМ. М

ПРОГИБЫ ПЕРЕРЕЗЬВАЮЩИЕ СИЛЫ
ЧИР М Х/10 КН

Х/10 КН/М	Х/10 КПД	СУМ. М	ЧИР М	Х/10 КН
0.39511	0.06703	0.02970	0.07966	1.58044
1.25582	0.00126	-0.00397	-0.00597	3.08196
5.03781	0.00137	-0.00552	-0.00652	4.58360
9.62142	0.00140	-0.00733	-0.00733	6.08528
15.76663	0.00120	-0.00367	-0.00867	7.58671
23.29315	0.00066	-0.01087	-0.01087	9.08750
32.28642	-0.31331	-0.01434	-0.01431	10.21154
41.90614	-2.28615	-0.01288	-0.01954	-8.96816
49.98360	-5.25518	-0.02321	-0.02710	4.16195
52.35623	-9.55272	-0.04028	-0.03741	-5.80131
45.33503	-15.28568	-0.05723	-0.05070	-22.64412
20.55394	-22.40900	-0.07989	-0.06652	-48.03493
15.37756	-25.21416	-0.09440	-0.07321	-25.01193
44.04765	-28.00806	-0.10334	-0.08173	-4.62161
44.83587	-25.22995	-0.09424	-0.07649	19.10245
24.72226	-21.85289	-0.08209	-0.06869	46.87898
10.27925	-17.70105	-0.06339	-0.05935	27.13721
38.59187	-13.78496	-0.05052	-0.05070	12.09576
51.55202	-10.90374	-0.04820	-0.04427	0.51128
52.49043	-9.47987	-0.04384	-0.04074	-9.36456
43.09842	-9.57155	-0.04321	-0.04012	-19.35042
23.34871	-10.50257	-0.04560	-0.04188	-30.93350
-0.69513	-12.93676	-0.04384	-0.04502	-14.95761
16.22617	-14.82877	-0.05397	-0.04800	-1.25215
18.06163	-16.79204	-0.05722	-0.05004	10.09740
-7.16201	-14.11709	-0.05918	-0.04489	24.65689
10.54498	-12.28339	-0.04351	-0.03952	11.41682
23.13940	-8.35719	-0.03348	-0.03139	2.88820
26.92256	-5.36215	-0.02353	-0.02451	-2.04638
25.50970	-3.26371	-0.01969	-0.01921	-4.46283
21.46204	-1.88060	-0.01553	-0.01531	-5.21955
16.50990	-0.98778	-0.01261	-0.01252	-4.90489
11.72565	-0.58624	-0.01076	-0.01071	-4.10838
7.45008	-0.47660	-0.00962	-0.00959	-3.18030
4.46245	-0.49822	-0.00388	-0.00885	-2.27816
2.18320	-0.50450	-0.00330	-0.00827	-1.38355
0.77414	-0.59027	-0.00208	-0.00785	-0.59260
0.13151	-0.75554	-0.00149	-0.00744	0.00076



$$E = 10^4 \text{ МПа}$$

$$\alpha = 0.027$$

$$\gamma = 1.75 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

Изгибающие моменты
h_S = 0.65
b = 1.2 м

продолжение

Нагрузка по
Схем. а 2

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ $\times 10^3 \text{ КНм}$	$\times 10^3 \text{ кПа}$	СУМ. М	ПРОГИБЫ ПЕРЕРЕЗЬВАЮЩИЕ СИЛЫ $\times 10^3 \text{ кН}$		
			УЧР	М	УЧР
0.40698	0.10660	0.07719	0.07712	1.62792	
1.53504	-1.55959	-0.00571	-0.00563	1.25642	
3.22589	-0.11149	-0.00520	-0.00519	2.62263	
5.88213	-0.00057	-0.00500	-0.00500	4.12331	
10.00564	-0.00120	-0.00504	-0.00504	5.62476	
15.63044	-0.00136	-0.00565	-0.00565	7.12639	
22.75667	-0.00090	-0.00709	-0.00709	8.62746	
31.26146	-0.40795	-0.00978	-0.00975	9.63792	
39.98495	-3.45607	-0.01455	-0.01413	6.99065	
45.54257	-8.23280	-0.02225	-0.02072	-1.38872	
42.17047	-14.24406	-0.03392	-0.02972	-17.70158	
21.85690	-23.55067	-0.05128	-0.04120	-44.46240	
-10.35361	-26.46103	-0.06071	-0.04730	-22.21564	
-33.81339	-30.60215	-0.07120	-0.05301	-4.94543	
-37.77621	-27.33276	-0.06362	-0.04911	16.25525	
-20.28043	-23.19766	-0.05334	-0.04301	42.41805	
10.60613	-17.28591	-0.04191	-0.03565	22.45494	
34.60046	-12.75463	-0.03240	-0.02895	8.64938	
44.36137	-9.04961	-0.02617	-0.02419	-0.71014	
44.12868	-7.45888	-0.02336	-0.02190	-8.16080	
35.80794	-7.59126	-0.02359	-0.02202	-16.25031	
18.85822	-10.32349	-0.02643	-0.02415	-27.13849	
-1.71524	-13.43927	-0.03077	-0.02732	-11.76561	
-14.32310	-16.24815	-0.03503	-0.03028	0.23660	
-14.91403	-19.00552	-0.03845	-0.03235	8.92996	
-4.56698	-14.28164	-0.03110	-0.02739	23.29199	
11.55760	-13.17196	-0.02742	-0.02440	8.98564	
22.03123	-8.21223	-0.01992	-0.01855	0.63097	
23.69043	-4.78523	-0.01451	-0.01393	-3.61131	
20.78830	-2.42264	-0.01072	-0.01051	-5.01847	
16.16116	-1.11697	-0.00831	-0.00824	-4.85884	
11.48484	-0.50828	-0.00685	-0.00682	-3.96877	
7.56327	-0.35064	-0.00602	-0.00601	-2.88954	
4.64542	-0.44686	-0.00559	-0.00556	-1.92577	
2.69185	-0.53730	-0.00529	-0.00526	-1.07053	
1.56935	-0.71155	-0.00512	-0.00509	-0.62439	
1.10044	-0.86176	-0.00493	-0.00494	-0.04149	
1.02180	-1.26075	-0.00483	-0.00483	0.02859	

$$\alpha = 0.046$$

K-35 Схема 2
Наружка по

$$h_1 s = 0.055 \text{ м}$$

Наружка по

$$\delta = 0.8 \frac{\text{м}}{\text{м}}$$

$$E_c = 176 \text{ МПа}$$

$$\varphi = 3.2^\circ$$

$$\gamma = 17.5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ		
$x/10 \text{ кН м}$	$x/10 \text{ кПа}$	СУМ. м
0.40399	0.06441	0.07672
1.52690	-1.03121	-0.00541
3.13988	-0.24628	-0.00495
5.56726	0.00023	-0.00470
7.38429	0.00059	-0.00469
14.70228	0.00073	-0.00518
21.52139	0.0043	-0.00652
29.69022	-0.33544	-0.00894
38.08592	-2.15882	-0.01317
43.59289	-5.09748	-0.01975
40.74898	-9.54145	-0.02944
21.48193	-15.64663	-0.04262
-9.54140	-17.79037	-0.04943
-32.24945	-21.12755	-0.05716
-34.35060	-18.30583	-0.05199
-19.68161	-15.50499	-0.04457
10.26198	-11.71842	-0.03600
33.58241	-8.27628	-0.02858
43.04706	-5.85346	-0.02347
42.83418	-4.85547	-0.02114
34.74863	-5.26333	-0.02144
18.17616	-6.81201	-0.02389
-1.94213	-8.99172	-0.02762
-14.13010	-10.91406	-0.03106
-14.51653	-12.95565	-0.03384
-4.27292	-9.55123	-0.02784
11.61605	-8.73112	-0.02467
21.92027	-5.39656	-0.01324
23.54068	-3.10801	-0.01337
20.71954	-1.58953	-0.00992
16.20203	-0.81543	-0.00775
11.58778	-0.32911	-0.00629
7.69845	-0.24691	-0.00554
4.82007	-0.26559	-0.00511
2.91230	-0.39776	-0.00492
1.82949	-0.43843	-0.00472
1.38791	-0.63540	-0.00470
1.30989	-0.81484	-0.00457

ПРОГИБЫ		
$y/10 \text{ м}$	$\sum y/10 \text{ м}$	ПЕРЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ
0.07669	0.07669	$x/10 \text{ кН}$
-0.00537	-0.00537	1.61595
-0.00495	-0.00495	1.25976
-0.00470	-0.00470	2.31646
-0.00469	-0.00469	3.81686
-0.00518	-0.00518	5.31793
-0.00652	-0.00652	6.81924
-0.00892	-0.00892	8.32002
-0.01300	-0.01300	9.21623
-0.01914	-0.01914	6.83035
-0.02774	-0.02774	-0.84511
-0.03859	-0.03859	-16.51971
-0.04411	-0.04411	-43.18364
-0.04986	-0.04986	-21.20631
-0.04614	-0.04614	-5.23590
-0.04039	-0.04039	15.27361
-0.03345	-0.03345	41.36464
-0.02715	-0.02715	21.77150
-0.02264	-0.02264	8.37421
-0.02052	-0.02052	-0.66201
-0.02076	-0.02076	-7.90185
-0.02291	-0.02291	-15.87583
-0.02612	-0.02612	-26.63744
-0.02901	-0.02901	-11.32253
-0.03119	-0.03119	0.53218
-0.02623	-0.02623	8.71202
-0.02336	-0.02336	23.01982
-0.01765	-0.01765	8.80380
-0.01312	-0.01312	0.58999
-0.00982	-0.00982	-3.50443
-0.00771	-0.00771	-4.86558
-0.00628	-0.00628	-4.83335
-0.00553	-0.00553	-3.92576
-0.00510	-0.00510	-2.87020
-0.00461	-0.00461	-1.84827
-0.00471	-0.00471	-1.06424
-0.00468	-0.00468	-0.35342
-0.00455	-0.00455	0.00286
		0.03614

$$\begin{aligned}
 \psi &= \delta e^{\alpha} \\
 \chi &= 1.75 \frac{K_4}{M_3} \\
 \phi &= 0.6 \\
 E_0 &= 129 \text{ МПа} \\
 d &= 0.034 \\
 K-35 & \quad \text{Схема 2} \\
 \text{Нагрузка по} & \quad \text{Приложимое}
 \end{aligned}$$

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ		
$\times 10 \text{ кНм}$	$\times 10 \text{ кПа}$	СУМ. М
-0.43978	-1.81063	-0.00359
-1.38409	0.00011	-0.00259
-1.71974	-0.17035	-0.00285
-0.81926	-0.24580	-0.00310
1.23560	-0.10606	-0.00327
4.58447	0.00014	-0.00343
9.38583	0.00020	-0.00387
15.66907	-0.04080	-0.00480
22.89813	-1.15001	-0.00666
29.07771	-3.32482	-0.00980
29.90926	-7.41823	-0.01500
17.96423	-13.56433	-0.02261
-5.37629	-23.27655	-0.03356
-25.05042	-22.56231	-0.03413
-30.62199	-20.24788	-0.03143
-17.79512	-16.49486	-0.02660
6.37632	-11.49676	-0.02061
24.36201	-7.20226	-0.01557
30.18135	-4.46832	-0.01234
28.60185	-3.63635	-0.01112
21.23096	-4.46217	-0.01166
6.77122	-6.52572	-0.01353
-10.61641	-8.99277	-0.01591
-19.80624	-10.60463	-0.01760
-15.52913	-9.87146	-0.01774
-2.85696	-20.99673	-0.02582
8.27520	-4.89067	-0.01210
12.96417	-3.53058	-0.00902
12.86744	-1.99837	-0.00674
10.41885	-1.02457	-0.00520
7.40196	-0.54827	-0.00425
4.73729	-0.42953	-0.00373
2.76179	-0.39389	-0.00340
1.48775	-0.55877	-0.00328
0.74870	-0.63065	-0.00315
0.39722	-0.65419	-0.00301
0.33954	-0.73271	-0.00291
0.41413	-0.91697	-0.00281

ПРОГИБЫ		
ЧИР. М	ПЕРЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ	$\times 10 \text{ кН}$
-0.00355	-1.75914	
-0.00259	-0.25894	
-0.00285	0.93443	
-0.00309	1.99198	
-0.00326	3.30108	
-0.00343	4.80133	
-0.00387	6.30170	
-0.00480	7.72825	
-0.00661	7.15824	
-0.00958	2.67356	
-0.01425	-9.17925	
-0.02054	-32.09503	
-0.02828	-19.99281	
-0.02893	-6.61577	
-0.02713	10.93805	
-0.02364	35.24731	
-0.01901	16.05315	
-0.01481	4.58908	
-0.01197	-1.95389	
-0.01085	-6.99932	
-0.01131	-13.53123	
-0.01294	-23.77751	
-0.01495	-8.46449	
-0.01634	3.94717	
-0.01655	17.67856	
-0.02216	11.38443	
-0.01170	4.08123	
-0.00880	-0.79000	
-0.00665	-2.88707	
-0.00517	-3.23130	
-0.00424	-2.71819	
-0.00372	-1.99135	
-0.00339	-1.20036	
-0.00326	-0.70614	
-0.00313	-0.34131	
-0.00300	-0.01885	
-0.00290	0.15147	
-0.00279	0.01172	

$$d = 0.057$$

Нагрузка по
К-35 Схема 2

$$\varphi = 32^\circ$$

$$h = 0.65 \text{ м}$$

$$\beta = 4.8 \text{ м}$$

$$\chi = 175 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$E_0 = 217 \text{ ГПа}$$

ПРОДОЛЖЕНИЕ

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ $\times 10 \text{ кНм}$	$\times 10 \text{ кПа}$	СУММЫ ЧИР. m	ПРОГИБЫ ПЕРЕРЕЗЬВАЮЩИЕ СИЛЫ $\times 10 \text{ кН}$
0.39901	-0.08384	-0.007649	-0.007646
1.68410	-0.68248	-0.00674	1.63746
3.90002	-0.04029	-0.00054	3.38911
7.30134	-0.00038	-0.00562	4.88957
12.19101	-0.00072	-0.00702	6.39043
18.58139	-0.00066	-0.00310	7.89123
20.47246	-0.00010	-0.01022	9.39135
35.43785	-1.41972	-0.01382	9.18769
43.78989	-4.20518	-0.01966	5.64147
48.13956	-8.51120	-0.02339	-3.07197
43.19139	-14.76511	-0.04102	-19.29008
21.41535	-23.05156	-0.05310	-45.45197
-11.88946	-26.31105	-0.06798	-23.02524
-36.02264	-30.00417	-0.07657	-5.03024
-40.03964	-26.62666	-0.06781	17.01776
-21.81818	-22.61427	-0.06040	43.88033
10.43219	-17.63173	-0.04759	24.22255
36.02017	-13.08032	-0.04032	10.02617
47.05225	-9.72720	-0.03381	-0.14647
47.32942	-8.31527	-0.03072	-8.62479
38.61974	-8.59846	-0.03060	-17.44293
20.58824	-10.56056	-0.03320	-28.61560
-1.31117	-13.17311	-0.03715	-12.92332
-14.96544	-15.61035	-0.04099	-0.15575
-15.91758	-18.26334	-0.04410	9.42825
-5.30232	-14.30652	-0.03754	23.76036
11.42423	-12.75256	-0.03286	9.95729
22.74759	-8.19855	-0.02488	1.61903
25.32495	-5.00441	-0.01374	-2.88626
23.10677	-2.77709	-0.01424	-4.71877
18.78438	-1.45613	-0.01119	-4.96613
14.03215	-0.72355	-0.00919	-4.33438
9.76582	-0.51553	-0.00802	-3.45301
6.33424	-0.44449	-0.00725	-2.48640
3.83372	-0.49113	-0.00677	-1.57576
2.23316	-0.57665	-0.00644	-0.76774
1.41004	-0.75750	-0.00625	-0.17685
1.13761	-1.07744	-0.00606	0.03023

$$d = 0.036$$

$$E_0 = 136 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 34^\circ$$

$$h_\delta = 0.65$$

$$\beta = 1.2$$

Нагрузка по
Схема 2

Изгибаемая
ось
Продольная

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ		
$x/10 \text{ км}$	$x/10 \text{ км}$	СУМ. М
-1.67877	-6.84589	-0.00737
-6.31115	0.09536	0.05213
-11.41638	0.07703	0.04112
-14.92863	0.05947	0.03074
-16.86903	0.04354	0.02120
-17.25667	0.02928	0.01259
-16.10864	0.01624	0.00494
-10.78467	8.85933	-0.00193
1.11043	-0.83174	-0.00796
14.59951	-6.88257	-0.01471
21.20030	-13.36415	-0.02303
13.32745	-19.63452	-0.03352
-8.55906	-42.82912	-0.06425
-29.91628	-29.19292	-0.04877
-36.04761	-28.03195	-0.04537
-20.89795	-23.80652	-0.03858
7.04503	-17.96065	-0.03043
27.93160	-12.37695	-0.02350
35.04538	-8.52800	-0.01897
32.69057	-6.96238	-0.01693
22.78954	-7.70142	-0.01712
4.73372	-9.81781	-0.01879
-16.19775	-12.24845	-0.02096
-27.28394	-12.86691	-0.02183
-20.44331	-7.26195	-0.02008
-3.84349	-45.07341	-0.05708
6.85176	-2.26160	-0.01450
10.33173	-4.45175	-0.01169
11.07157	-2.96865	-0.00922
9.66327	-1.77016	-0.00738
7.48715	-1.05095	-0.00615
5.36548	-0.94619	-0.00546
3.63861	-0.74103	-0.00492
2.40216	-0.93624	-0.00468
1.57112	-1.03671	-0.00449
0.93703	-1.33290	-0.00437
0.40936	-0.94048	-0.00394
0.11220	-1.02126	-0.00365

ПРОГИБЫ		
$y_{\text{чр.}}/m$	$x/10 \text{ км}$	ПЕРЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ
-0.00705	-6.71506	
0.05209	-5.09943	
0.04110	-3.50699	
0.03073	-1.93563	
0.02119	-0.38338	
0.01259	1.15175	
0.00494	2.67124	
-0.00182	14.80243	
-0.00792	15.30434	
-0.01407	8.54526	
-0.02107	-5.99171	
-0.02932	-28.05313	
-0.04671	-25.44807	
-0.03969	-6.47958	
-0.03727	13.88206	
-0.03273	39.31424	
-0.02695	19.26146	
-0.02165	5.90912	
-0.01794	-2.82448	
-0.01618	-9.67934	
-0.01628	-17.42104	
-0.01761	-27.70241	
-0.01932	-10.90054	
-0.02004	5.15916	
-0.01915	27.94482	
-0.04068	5.35072	
-0.01429	4.13680	
-0.01135	0.29471	
-0.00904	-1.76763	
-0.00730	-2.39187	
-0.00611	-2.15300	
-0.00543	-1.78843	
-0.00490	-1.17766	
-0.00466	-0.80115	
-0.00446	-0.54521	
-0.00434	-0.64468	
-0.00392	-0.27325	
-0.00362	0.00123	

$$\alpha = 0.06$$

$$E_0 = 230 \text{ MPa}$$

Нагрузка по
К-35 Схема 2

$$\varphi = 34^\circ$$

$$\gamma = 1.75 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$B = 1.2 \text{ м}$$

Приложение 2
продолжение

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ, РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ

$x \cdot 10^3 \text{ кН}$	$x \cdot 10^3 \text{ кПа}$	СУМ. М
-0,62156	-2,21458	-0,00491
-2,11078	0,00101	-0,00241
-2,87740	0,48501	-0,00304
-1,68369	0,05193	-0,00359
1,28978	0,03283	-0,00400
5,81621	0,00009	-0,00444
11,85750	0,00003	-0,00521
19,21526	-0,40729	-0,00661
26,98199	-1,60851	-0,00912
32,83183	-3,96807	-0,01323
32,37375	-7,80631	-0,01938
18,54851	-13,45752	-0,02798
-6,82407	-23,43942	-0,04051
-28,09187	-21,37523	-0,03976
-33,88698	-19,42647	-0,03709
-19,98256	-15,99507	-0,03204
6,46929	-11,53347	-0,02571
26,52034	-7,66212	-0,02019
33,66338	-5,16005	-0,01650
32,29497	-4,26548	-0,01493
24,07776	-4,86229	-0,01531
8,10064	-6,58687	-0,01717
-10,89963	-8,68260	-0,01958
-21,17792	-9,99895	-0,02124
-16,96680	-9,12054	-0,02136
-3,52039	-21,23759	-0,03152
8,52026	-4,86052	-0,01532
13,97339	-3,68136	-0,01163
14,44397	-2,18187	-0,00884
12,21808	-1,28045	-0,00694
9,06977	-0,64094	-0,00559
6,06737	-0,44667	-0,00482
3,68230	-0,41410	-0,00437
2,02327	-0,47115	-0,00411
0,09428	-0,56327	-0,00395
0,45638	-0,64449	-0,00382
0,27533	-0,62750	-0,00367
0,09733	-0,82436	-0,00356

ПРОГИБЫ

-0,00486
-0,00241
-0,00303
-0,00359
-0,00400
-0,00444
-0,00521
-0,00660
-0,00905
-0,01299
-0,01869
-0,02626
-0,03616
-0,03587
-0,03379
-0,02969
-0,02435
-0,01949
-0,01611
-0,01463
-0,01497
-0,01665
-0,01880
-0,02026
-0,02047
-0,02845
-0,01498
-0,01143
-0,00875
-0,00690
-0,00557
-0,00481
-0,00436
-0,00410
-0,00394
-0,00381
-0,00366
-0,00354

ПЕРЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ

$x \cdot 10^3 \text{ кН}$
-2,48624
-0,98442
1,38860
2,98207
4,54116
6,04133
7,54137
8,30698
6,91166
1,26914
11,28221
34,00572
-22,19667
-6,67207
12,36029
37,55918
18,30894
6,01714
-1,77096
-7,94881
15,20093
25,35730
-9,68597
3,81592
18,89896
12,17130
4,92237
-0,20409
-2,63145
-3,43626
-3,08996
-2,39396
-1,63934
-0,98740
-0,50129
-0,16138
0,10113
0,00839

ПОСКОЛЬКУ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

ПРИМЕЧАНИЕ 2 54
ПРОДОЛЖЕНИЕ

$\varphi = 34^\circ$

$\gamma = 175 \cdot \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$

$b = 4,8 \text{ м}$

$F_c = 170 \text{ МПа}$

$d = 0,044$

Нагрузка по
К-35 Схема 2

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ	РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ	ПРОГИБЫ	ПЕРЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ
$x/10 \text{ КН}$	$y/10 \text{ КПД}$	СУМ. М	$x/10 \text{ КН}$
-0.31258	-1.52795	-0.00259	-1.25031
-0.96998	-0.21040	-0.00216	-0.12902
-1.24011	-0.52397	-0.00238	0.42783
-0.76871	-0.42715	-0.00248	1.15897
0.48451	-0.21770	-0.00255	2.26710
2.87318	-0.05246	-0.00265	3.86152
6.71122	-0.00027	-0.00286	5.36200
12.07319	-0.00018	-0.00343	6.86233
18.69836	-0.52677	-0.00461	7.41414
25.10504	-2.76556	-0.00696	3.93613
27.19553	-6.86696	-0.01023	-6.92439
17.21815	-13.65138	-0.01674	-29.99686
-3.90769	-23.10910	-0.02434	-17.59328
-21.78198	-23.72922	-0.02574	-6.30583
-26.98956	-21.28868	-0.02384	9.37454
-15.72837	-17.09607	-0.02007	32.60162
6.30109	-11.42304	-0.01527	13.54016
22.00714	-6.60994	-0.01123	3.14228
26.43526	-3.75247	-0.00574	-2.11217
24.67613	-2.96788	-0.00787	-5.95435
18.26511	-3.98272	-0.00341	-11.62325
5.52096	-6.47405	-0.01009	-21.77654
-10.09294	-9.44551	-0.01219	-7.27844
-18.18970	-11.26481	-0.01359	3.94490
-13.88527	-10.46561	-0.01364	16.60681
-2.00206	-20.96179	-0.01885	10.37560
8.15043	-4.79127	-0.00903	3.25131
12.08298	-3.27749	-0.00662	-1.14817
11.63501	-1.72109	-0.00491	-2.74613
9.27146	-0.87136	-0.00383	-2.81458
6.54775	-0.66957	-0.00327	-2.451981
4.07998	-0.55308	-0.00288	-2.01536
2.14582	-0.37232	-0.00257	-1.18554
0.85773	-0.60053	-0.00249	-0.76649
0.14698	-0.42721	-0.00229	-0.12547
0.03557	-0.44506	-0.00217	0.57342
0.30544	-0.51998	-0.00229	0.41745
5.75334	-1.05262	-0.00221	0.02263

$$\frac{\text{Изгибающий момент}}{\text{Равнодействующая сила}} = C_{\text{изг}} \cdot \frac{\text{Момент инерции}}{\text{Максимальное расстояние}}$$

Использовано
расчетное
протяжение

Нагрузка по

K-35 Схема 2

$$\varphi^c = 34^0$$

$$\gamma = 1.75 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$\phi = 0.8$$

$$E_0 = 287 \text{ МПа}$$

$$\alpha = 0.075$$

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ	$\times 10 \text{ КН}$	$\times 10 \text{ КПД}$	СУМ. М
0.40855	0.11017	0.07797	
1.49004	-1.72382	-0.00570	
2.95264	-0.39368	-0.00530	
5.16196	0.00030	-0.00513	
8.75361	0.00085	-0.00518	
13.84619	0.00109	-0.00570	
20.43485	0.00070	-0.00700	
28.43169	-0.24199	-0.00936	
36.80154	-3.4998	-0.01348	
42.50717	-7.45219	-0.01991	
40.08129	-14.14390	-0.02937	
21.31616	-23.72426	-0.04238	
-9.27167	-26.56667	-0.04706	
-31.70938	-32.22523	-0.05703	
-35.89714	-28.14980	-0.05192	
-19.65685	-23.32148	-0.04453	
9.71698	-17.55879	-0.03603	
32.50392	-12.20730	-0.02865	
41.65137	-8.49169	-0.02363	
41.42746	-7.04711	-0.02139	
33.60181	-7.75326	-0.02172	
17.45341	-10.18885	-0.02414	
-2.18675	-13.50768	-0.02775	
-13.27922	-16.63782	-0.03126	
-14.29304	-19.95370	-0.03391	
-4.28090	-14.03520	-0.02764	
11.32751	-13.72187	-0.02472	
21.33957	-7.57346	-0.01333	
22.71371	-4.52745	-0.01356	
19.78372	-2.31636	-0.01022	
15.27517	-1.10421	-0.00303	
10.77110	-0.45263	-0.00563	
7.03597	-0.41580	-0.00591	
4.22852	-0.42678	-0.00545	
2.47048	-0.61356	-0.00521	
1.42772	-0.77165	-0.00504	
0.98998	-0.82495	-0.00483	
0.51571	-1.10169	-0.00477	

ПРОГИБЫ	ПЕРЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ
УЧР. М	$\times 10 \text{ КН}$
0.07793	1.63220
-0.00565	1.06355
-0.00529	2.09113
-0.00513	3.59148
-0.00518	5.09250
-0.00570	6.59381
-0.00700	8.09465
-0.00934	9.18426
-0.01330	7.02429
-0.01927	-0.41834
-0.02758	-15.89101
-0.03805	-42.86012
-0.04344	-20.74013
-0.04911	-5.41042
-0.04562	14.80983
-0.04004	40.75204
-0.03330	21.18149
-0.02714	8.03273
-0.02276	-0.65730
-0.02074	-7.61383
-0.02100	-15.41774
-0.02302	-26.14435
-0.02613	-10.85356
-0.02901	0.68105
-0.03100	8.23660
-0.02597	22.89436
-0.02330	8.40813
-0.01770	0.33997
-0.01330	-3.59297
-0.01011	-4.87259
-0.00799	-4.69765
-0.00662	-3.74800
-0.00590	-2.74696
-0.00544	-1.75910
-0.00520	-0.99537
-0.00502	-0.42135
-0.00482	0.08871
-0.00474	0.00567

$$\begin{aligned}
 \varphi &= 36^\circ & \text{Исходные данные} \\
 Y &= 1.75 \frac{\text{КН}}{\text{М}^3} & h_8 = 0.65 \text{ м} \\
 D &= 0.6 & \hat{B} = 3.2 \text{ м} \\
 E_c &= 180 \text{ ГПа} & \text{Продолжение} \\
 \alpha &= 0.047 & \text{Нагрузка по} \\
 K-35 & & \text{Схема 2}
 \end{aligned}$$

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРОГИБЫ	$X_{10} \text{ КН}$	$X_{10} \text{ КПД}$	СУМ. М
-0.35205	-2.42349	-0.00350	УЧР. Ч
-1.04673	-0.04513	-0.00291	-0.00346
-1.17721	-0.60562	-0.00319	-0.00290
-0.32595	-0.47116	-0.00336	-0.00318
1.49513	-0.21943	-0.00353	-0.00335
4.54319	0.00015	-0.00373	-0.00352
9.02562	0.00027	-0.00417	-0.00373
14.99929	-0.03024	-0.00511	-0.00417
22.00192	-1.50917	-0.00683	-0.00511
28.14075	-4.83115	-0.01000	-0.00683
29.19337	-10.78262	-0.01501	-0.00977
17.68423	-20.47612	-0.02263	-0.01423
-5.12312	-34.67584	-0.03288	-0.02040
-24.33022	-34.42128	-0.03417	-0.02739
-29.83046	-30.79221	-0.03151	-0.02850
-17.60213	-24.89893	-0.02661	-0.02683
6.18303	-17.13721	-0.02064	-0.02342
23.68471	-10.52156	-0.01567	-0.01893
29.26672	-6.55188	-0.01258	-0.01488
27.70526	-5.18639	-0.01133	-0.01218
20.61044	-6.51990	-0.01187	-0.01105
6.60793	-9.79958	-0.01373	-0.01150
-10.34227	-13.72676	-0.01611	-0.01308
-19.38446	-16.34596	-0.01781	-0.01505
-15.26967	-14.74485	-0.01787	-0.01640
-2.85125	-31.48714	-0.02679	-0.01781
8.17010	-6.93624	-0.01228	-0.02103
12.96044	-5.40952	-0.00727	-0.01187
13.02245	-2.98746	-0.00701	-0.02103
10.63705	-1.81367	-0.00558	-0.01187
7.50408	-0.85739	-0.00453	-0.01660
4.58057	-0.77210	-0.00398	-0.02103
2.35820	-0.26127	-0.00346	-0.01187
1.00744	-0.80121	-0.00340	-0.01660
0.33010	-0.80305	-0.00326	-0.02103
0.05373	-1.02235	-0.00317	-0.01187
0.08447	-0.92046	-0.00297	-0.01660
0.27082	-1.55207	-0.00296	-0.02103

ПРОГИБЫ	$X_{10} \text{ КН}$	ПЕРЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ
УЧР. Ч	-1.60319	$X_{10} \text{ КН}$
-0.00290	0.03766	
-0.00318	0.81092	
-0.00335	1.74553	
-0.00352	2.98222	
-0.00373	4.48240	
-0.00417	5.98273	
-0.00511	7.44643	
-0.00683	7.13544	
-0.00977	2.33806	
-0.01423	-8.00109	
-0.02040	-31.67244	
-0.02739	-19.28345	
-0.02850	-6.58899	
-0.02683	10.46036	
-0.02342	34.58165	
-0.01893	15.51700	
-0.01488	4.39113	
-0.01218	-1.97113	
-0.01105	-6.69479	
-0.01150	-13.31868	
-0.01308	-23.27817	
-0.01505	-8.25027	
-0.01640	3.63457	
-0.01787	17.44075	
-0.02103	11.15617	
-0.01187	4.33268	
-0.00903	-0.55874	
-0.00691	-2.74369	
-0.00553	-3.42008	
-0.00451	-2.94895	
-0.00396	-2.37547	
-0.00346	-1.18899	
-0.00339	-0.65044	
-0.00325	-0.21836	
-0.00315	-0.01767	
-0.00296	0.37778	
-0.00294	0.00809	

$$\begin{aligned} \varphi &= 36^\circ \\ \delta &= 1.75 \frac{\text{м}}{\text{м}} \\ \tau &= 0.18 \text{ МПа} \\ d &= 0.08 \end{aligned}$$

Нагрузка по

K-35 Схема 2

Исходные данные
Примложение 2
Продолжение

$$h_5 = 0.65 \text{ м}$$

$$\tilde{B} = 1.2 \text{ м}$$

Приложение 3
 /справочное/

Пример расчета.

Определение усилий в балках и деформации.

Необходимо на причальном сооружении из заанкерованного шпунта заменить шпально-балочное основание рельсового пути, воспринимавшего крановую нагрузку К-25, на основание из сборных железобетонных балок под нагрузку К-35.

Из архивных данных установлено, что засыпка пазухи и территории образована из среднезернистого песка со средним углом внутреннего трения $\Psi = 32^{\circ}35'$, сцеплением $C=1$ кПа и $\gamma=19 \text{ кН}/\text{м}^3$.

Относительная плотность сложения песчаного грунта находилась в пределах от 0,6 до 0,85.

Уровень воды находится на 3,15 м ниже отметки территории.

Причал эксплуатируется 23 года.

Принимаем размеры балки: длина 12,5 м, ширина $b=1,2$ м и высота $h = 0,65$ м.

Нагрузка на грунтовое основание на уровне подошвы вдоль балки от веса грунта и железобетонного покрытия территории составляет $q = 15 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$

Приложение 3
продолжение

Определяем характеристики грунтового основания после 23 лет эксплуатации причала.

Согласно п. 1.2. определяем

$$\varphi_t = 32^\circ 35' + 0,06 \cdot 23 = 34^\circ 13'$$

$$C_t = I + 0,04 \cdot 23 = I,9 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

Определяем средневзвешенное значение $\gamma_{\text{бзб}}$.

$$\gamma_{\text{бзб}} = \frac{\gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2}{2,6} = \frac{19 \cdot 2,0 + 10 \cdot 0,4}{2 \cdot 1,2} = 17,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

Принимаем для расчета следующие значения характеристик основания грунта.

$$\varphi = 34^\circ; C = 2 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} \quad \gamma = 17,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$D = 0,6 \text{ и } Q = 15 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

Статический расчет балок на грунтовом основании проводим по программе (см. приложение I) на принятие характеристики основания и размеры балки. Некоторые результаты расчетов приведены в табл. приложения.

В соответствии РД 31.31.37-78 принимает нагрузку на рельсовый путь по схеме К-35. Собственный погонный вес конструкции составляет $15 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$

В соответствии с п. 3.7 наибольшие нормативные изгибающие моменты в балках находятся при расположении наибольшей нагрузки от ноги крана посередине длины балки и при расположении нагрузки по концам балки.

Наибольшие значения усилий, перерезывающих сил, давлений и деформаций выбираем из таблицы (приложение 2), в которых приведены результаты расчетов. Эпюры изгибающих моментов и деформаций приведены на рис. 6.

$$M_{\max} = -783,5 \text{ кНм}, \quad M_{\max} = +481,4 \text{ кНм},$$

$$R_{\max} = 300 \text{ кПа}, \quad Q_{\max} = 454,5 \text{ кН}.$$

Схема I

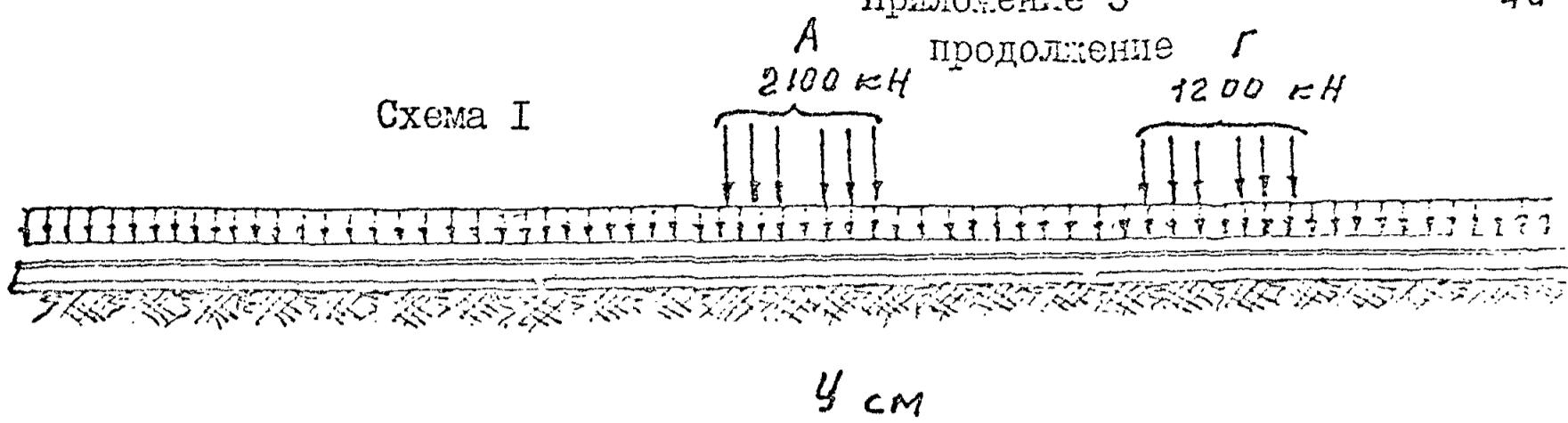


Схема 2

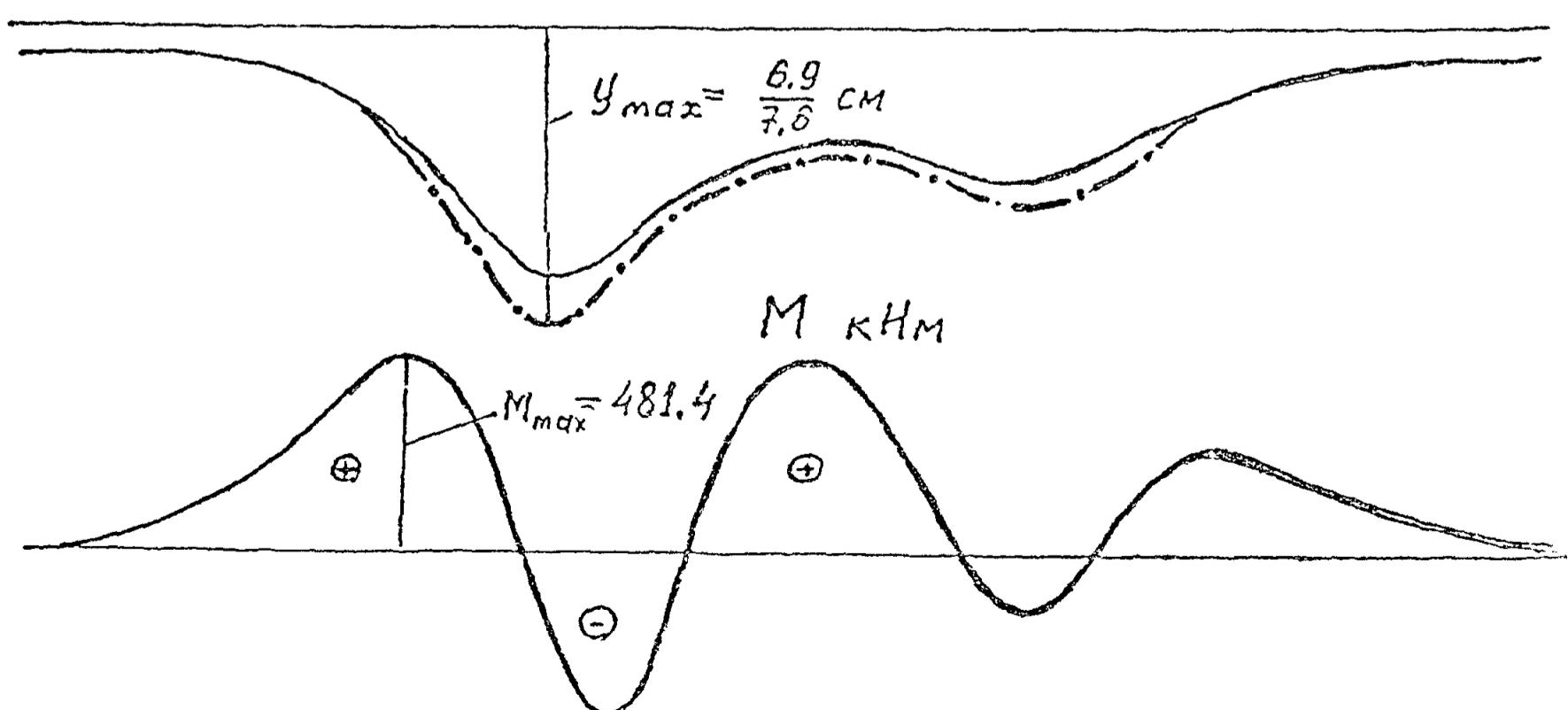
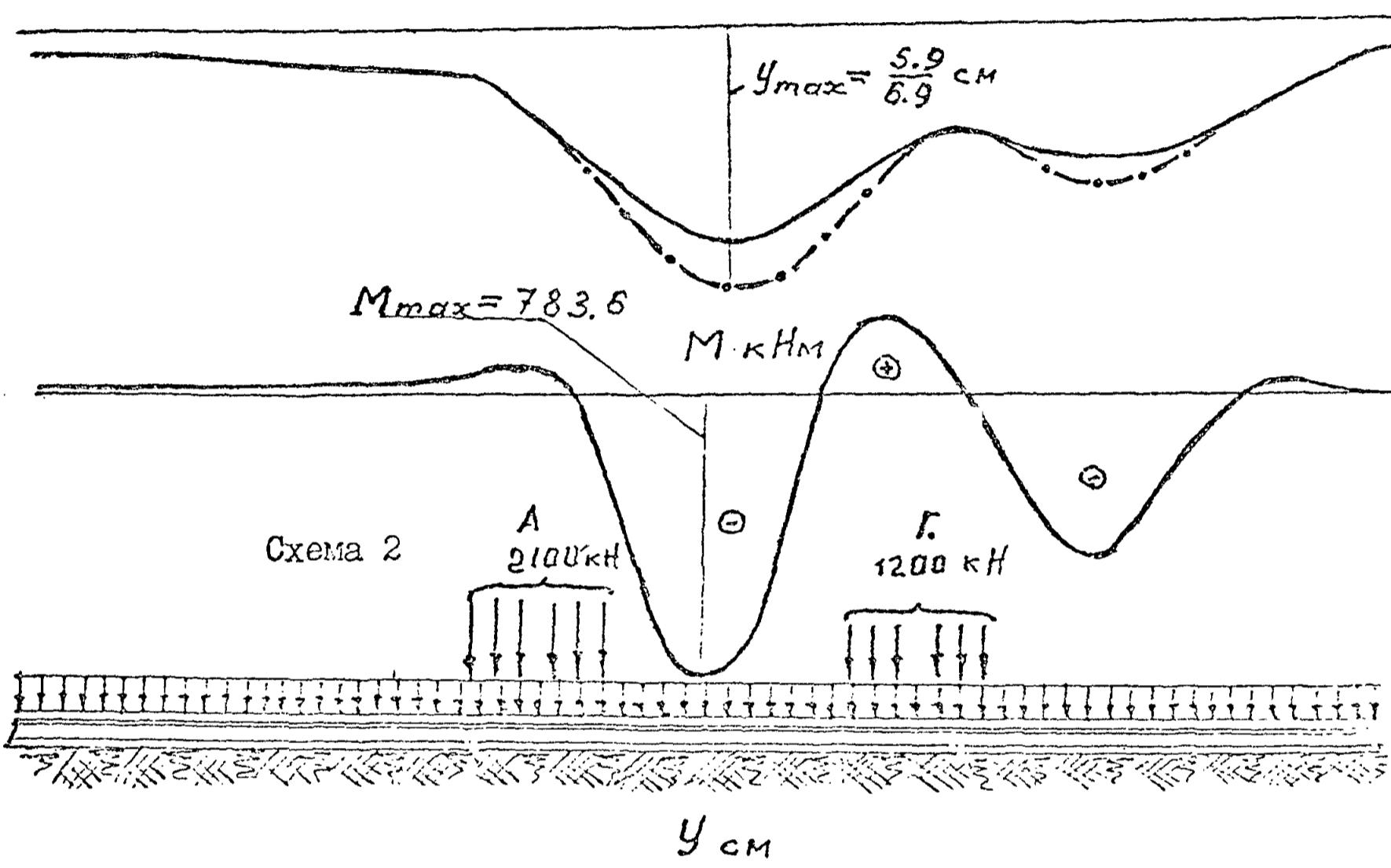


Рис.6

Приложение 3
продолжение

$$y_{max}^{obz} = 0,076 \text{ м}, \quad y_{max}^{upr} = 0,063 \text{ м}$$

Расчетное значение изгибающих моментов в балке определяют в соответствии с указанием п. 2.8.

Изгибающий момент растягивающий нижнюю грань балки

$$M_{расч} = -m M_{max} = -1.25 \cdot 783,6 = -979,5 \text{ кНм}$$

Изгибающий момент растягивающий верхнюю грань балки.

$$M_{расч} = +m M_{max} = 1.0 \cdot 481,4 = +481,4 \text{ кНм}$$

Определяем наибольший уклон рельсового пути.

$$i = \frac{y_{max}^{upr} - y_{max}^{obz}}{\Delta} < [i]$$

где y_{max}^{upr} наибольшая упругая осадка пути, м.

y_{max}^{upr} — упругая осадка на расстоянии Δ от наибольшей осадки, м.

Δ — расстояние между осями ног крана вдоль пути, м.

$$i = \frac{0,063 \text{ м} - 0,037 \text{ м}}{10,5 \text{ м}} = 0,0025 < 0,005$$

Уклон меньше нормативного значения. Высоту балки можно уменьшить.

Определяем усилия, действующие в поперечном направлении балки в соответствии с п. 2.II.

Берем сечение балки, в котором действует наибольшее реактивное давление R_{max} , полученное при расчете балки вдоль ее длины.

Принимаем равномерное распределение реакции грунта в поперечном сечении балки с ординатой R_{max} к Па

От этой эпюры определяем изгибающий момент и перерезывающую силу для сечения, в котором полка балки примыкает к ребру.

$$M''_{max} = -300 \cdot 1 \cdot 0,45 \cdot 0,5 \cdot 0,45 = 30,4 \text{ кНм на 1 м с.м.}$$

$$Q_{max} = 300 \cdot 1 \cdot 0,45 = 135 \text{ кН.}$$

Приложение 3
продолжение

Расчетный изгибающий момент M^P в соответствии с п.2.13 определены по формуле:

$$M^P_{max} = m \cdot M''_{max}, \text{ кНм},$$

где $m = 1,25 - 0,35 \bar{R}$

$$\text{В соответствии с п. I.3 определяем } \bar{R} = \frac{R}{[R]},$$

$$[R] = A \cdot b \cdot \gamma + B \cdot q + D \cdot c = 890,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2},$$

$$\bar{R} = \frac{300}{890,4} = 0,34$$

$$m = 1,25 - 0,35 \cdot 0,34 = 1,13$$

$$M^P_{max} = (-1,13) \cdot 30,4 \text{ кНм} = -34,4 \text{ кНм.}$$

Определение наибольших остаточных деформаций.

Перед сдачей путей в эксплуатацию проводят обкатку их кранами. Для этого случая остаточные деформации определяют от веса крана при отсутствии пригрузки основания около балок.

Расчетами определены остаточные деформации от первого загружения $Y_{необр} = 0,8 \text{ см.}$

После 30 проходов крана остаточные осадки составят

$$Y_{необр}^{n=30} = n \cdot Y_{необр}^{n=1} = 1,5 \cdot 0,8 \text{ см} = 1,2 \text{ см}$$

В процессе эксплуатации под нагрузкой К-35 остаточные деформации должны составить:

$$Y_{необр}^{n=30} = 1,5 (Y_{общ} - Y_{упр}) = 1,5 (7,6 - 6,3) = 1,95 \text{ см.}$$

но из этого значения $Y_{необр.}$ необходимо вычесть осадки, проявившиеся при обкатке рельсовых путей.

Тогда при эксплуатации следует ожидать необратимые осадки равные $Y_{необр} = 1,95 \text{ см} - 1,2 \text{ см} = 0,75 \text{ см.}$

Содержание

	стр
I. Характеристики грунтового основания	2
2. Расчёт конструкций	5
3. Конструирование и подготовка основания	10
ПРИЛОЖЕНИЕ I / обязательное /	
Нормативные характеристики грунтового основания, образованного при строительстве	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 / рекомендуемое/	
Пример расчёта сборных конструкций балок, выполненных по комбинированной модели основания	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 / справочное/	
Пример расчёта . Определение усилий в балках и деформации	38