

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

Союзморниипроектот

Директор института - Ф.Г. Аракелов

Начальник отдела
стандартизации - М.И. Калашников

Ст. н. с. - руководитель
и исполнитель разработки - А.Н. Котц

Главный специалист
нормоконтроль - В.И. Ярошенко

Согласовано

Главный инженер Главморречстроя

Минтранстроя - Д.Ф. Черевач

РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ОСНОВАНИЙ ПОД РЕЛЬСОВЫЕ ПУТИ
КРАНОВ И ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕЙ 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 portовых порталных кранов и перегружателей.

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

I. Характеристики грунтового основания

III При 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:

$$\varphi_t = \varphi_0 + n \cdot t, \text{ град.} \quad (1)$$

$$c_t = c_0 + k \cdot t, \frac{\text{кН}}{\text{м}^2} \quad (2)$$

где t - количество лет прошедших после образования грунтового основания,

φ и c - угол внутреннего трения и удельное сцепление после образования грунтового основания, (по данным таблицы приложения 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 $K=0,005$

1.3. Математические 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 $D=0,5$

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

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

где: B - ширина штампа, м.

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

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

где А, В и Д - коэффициенты, определяемые по формуле:

$$A = \lambda_{\gamma} \cdot n_{\gamma}; \quad \lambda_{\gamma} = 0.9 (\lambda_q - 1) \cdot \operatorname{tg} \varphi;$$

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

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

$$n_{\gamma} = 1 - \frac{0.25b}{e}; \quad n_q = 1 + \frac{1.5b}{e}; \quad n_c = 1 + \frac{0.3b}{e}$$

b - ширина подошвы балки, м.

e - 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, $\frac{\kappa\text{H}}{\text{м}^2}$;

q - нагрузка на уровне подошвы балки от грунта и покрытия, $\frac{\kappa\text{H}}{\text{м}^2}$

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

$$E_0 = 0.08 (1 - \mu^2) \cdot [K] \cdot b^2 \frac{[(2.5 - \mu) - \bar{R}_0]^2}{(2.5 - \mu)(1.5 - \mu)}, \text{ мПа}, (6)$$

где $[K]$ - коэффициент жесткости основания в момент достижения предельной несущей способности основания, $[K] = \frac{[R]}{[y]}$, $\frac{\kappa\text{H}}{\text{м}^3}$;

b - ширина балки, м;

$\bar{R}_0 = \frac{R_0}{[R]}$ - относительная величина напряжения, при которой определяется модуль упругости E_0 . Принимают R_0 равным напряжению, передаваемому на основание от собственной массы конструкции;

μ - 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 перегрузателей принимают в соответствии с Нормами технологического проектирования морских портов РД ЗI.ЗI.37-78.

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

$$K_n = \frac{E_0}{\delta}, \quad \frac{\kappa H}{M^3}.$$

(7)

Грунтовое основание в расчетах принимают однородным.

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

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

где $y_{необр.}^k$ — необратимая деформация основания в точке "К", м;

$y_{упр.}^k$ — 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 расположения наибольшей нагрузки от ноги крана, посередине длины балки (схема № 1) и при расположении нагрузок по концам балки (схема 2, Рис. 1).

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 упругой 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 следует умножить на величину $K_{\text{ст}}$, определяемую по графику (рис. 2) по значениям отношения жесткости стыка к

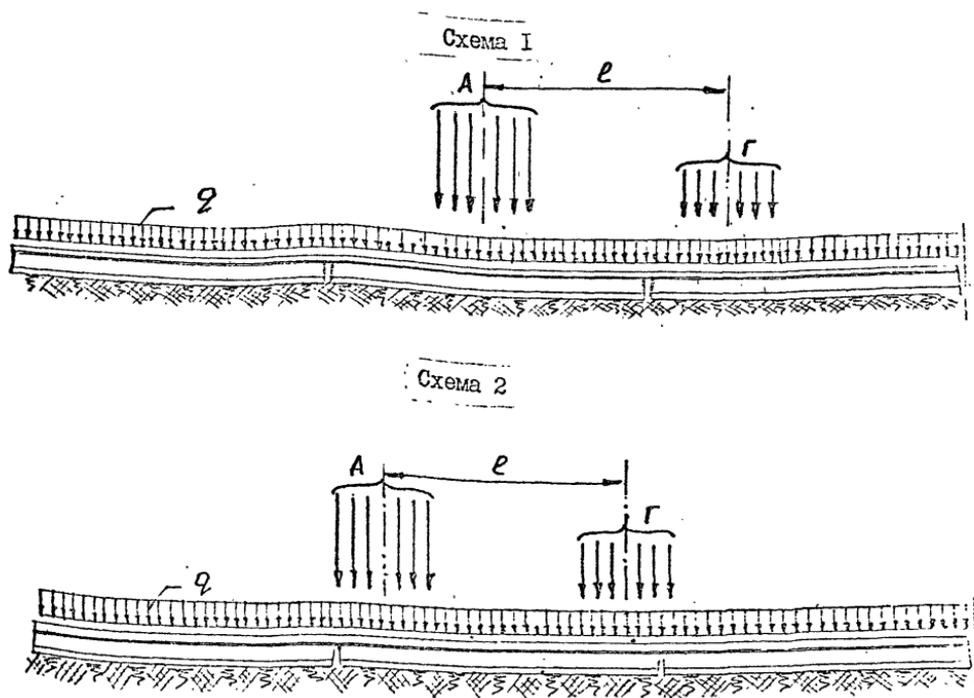


Рис. I. Схемы нагрузок от крана

- e - расстояние между осями ног крана, м,
 $A, Г$ - нагрузки на ноги крана, определяемые по РД ЗГ.ЗГ.37-78,
 q - собственный вес конструкции, кН/м .

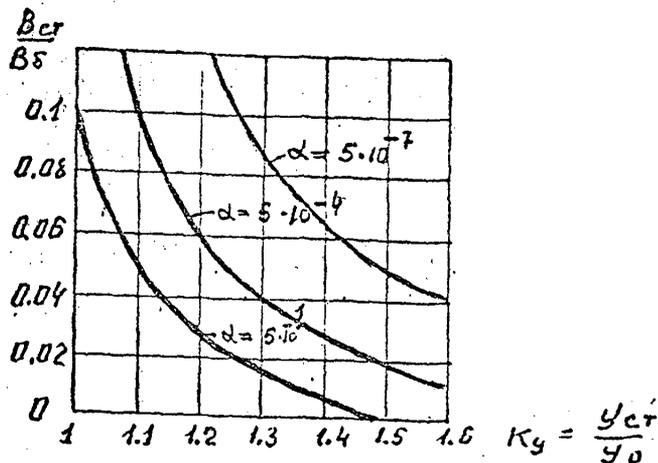


Рис. 2. График определения поправочного коэффициента K_y к прогибу балки в месте стыка.

B_{ct} - жесткость стыка; B_{δ} - жесткость балки Па м^4 ;

α - показатель гибкости системы "балка-основание"

$$\alpha = \frac{\pi C_y^4 \cdot E_0}{6 B_{\delta} (1 - \mu_0^2)} ;$$

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

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

жесткости балки и показателю гибкости системы $\alpha = \frac{\pi \cdot E_0 \cdot C_y^4}{6 \cdot B_5 \cdot (l - m^2)}$

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 принимает 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;

$$y_{необр.} = 1,5 \cdot y_{необр.}^{n-1} \cdot m \quad (11)$$

где $y_{необр.}^{n-1}$ - необратимые деформации после первого загрузения, определяемые расчетом, м.

$u_{n>30}$
 необр. — необратимые деформации после многократного нагружения.

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.

3.8. 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.

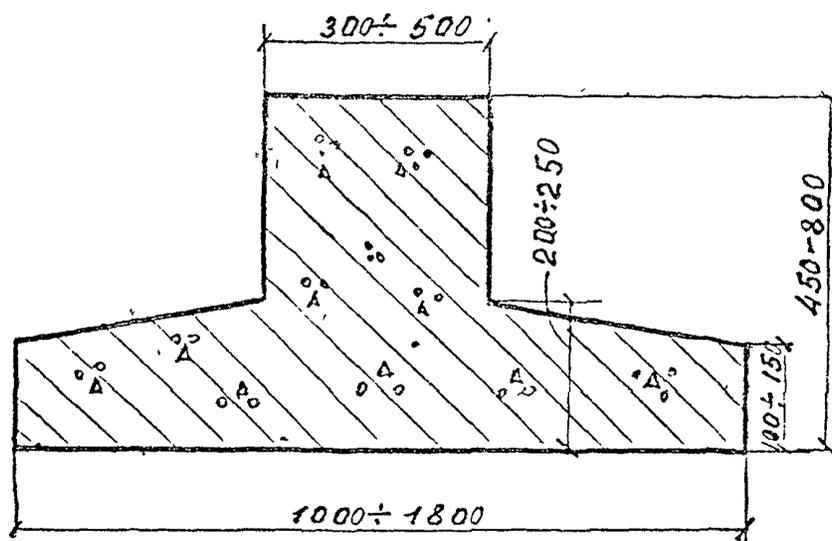


Рис. 3.

Рекомендуемые размеры сечения
балки.

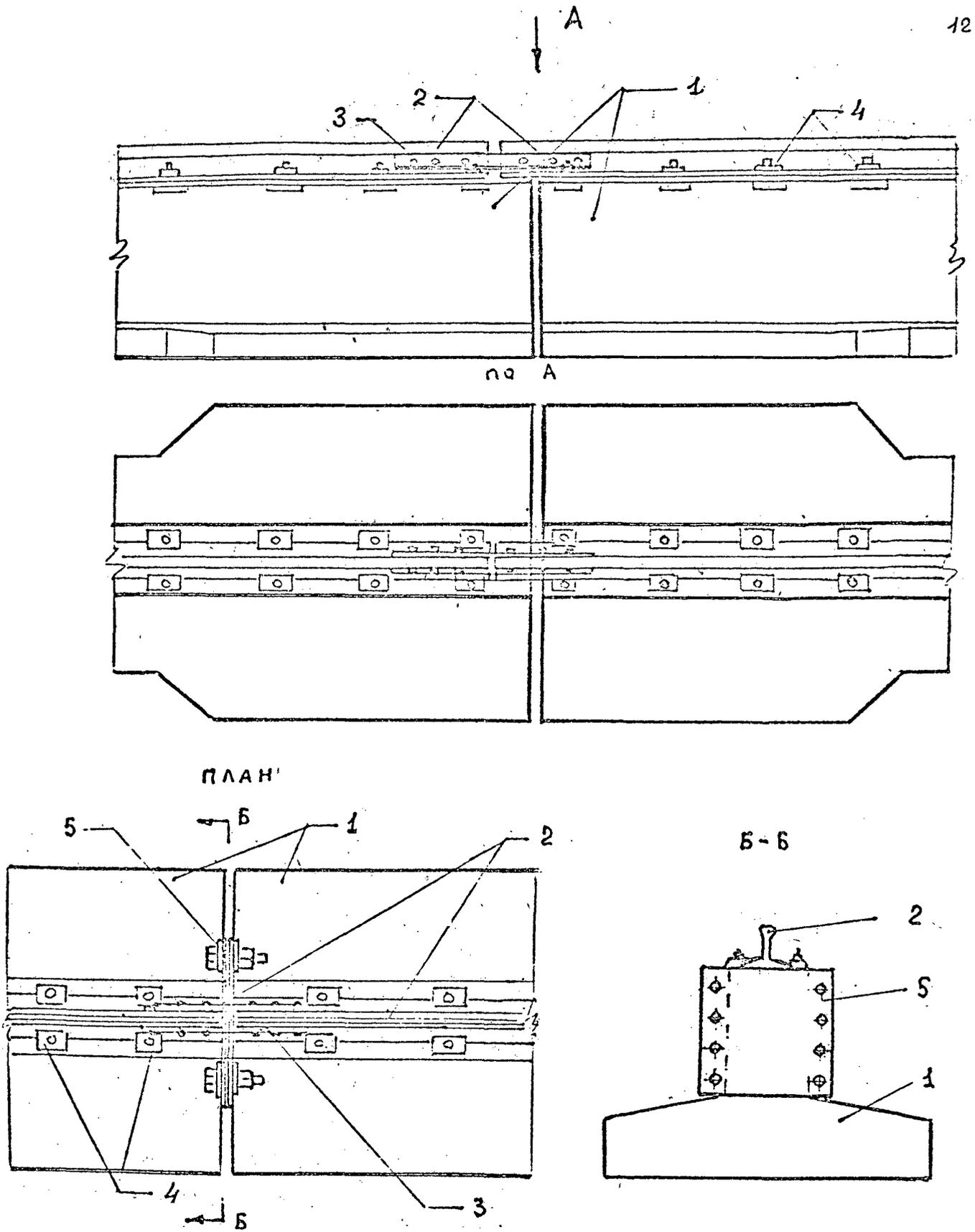


Рис. 4. Конструктивные решения соединения балок.

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

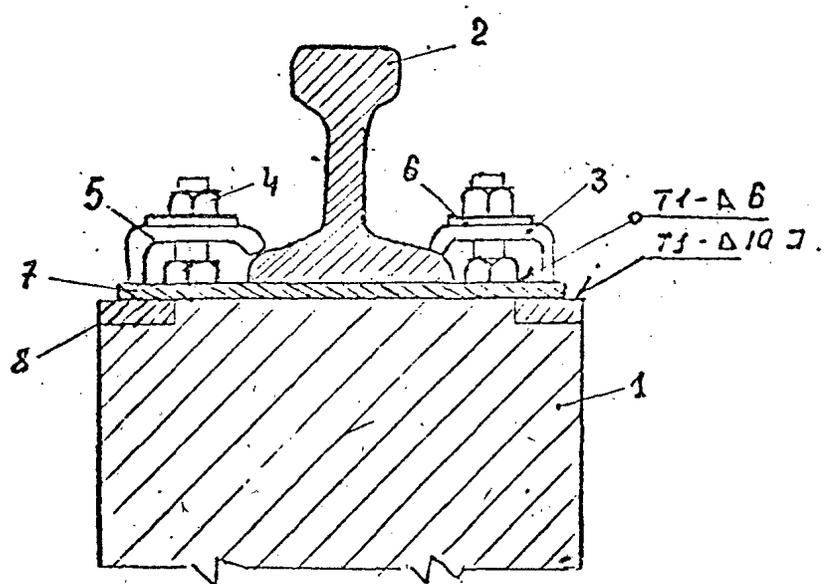


Рис. 5. Крепление рельса к балке.

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

3.10. До укладки балок на грунтовое основание с целью уменьшения накопления остаточных деформаций под концами балок рекомендуется произвести уплотнение грунта в местах стыка балок до $\delta > 0,7$.

3.11. 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 внутрен- него 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	E	μ
Гравелистый или щебеноч- ный	0,6	35	0,045	27		22		16	
	0,8	36		55	0,25	43	0,25	31	0,27
Крупный песок	0,6	34		23		20		14	
	0,8	35	0,047	47	0,28	38	0,29	30	0,3
Средней крупности песок	0,6	33		20		16		12	
	0,8	34	0,05	40	0,31	35	0,32	28	0,33
Мелкий песок	0,6	32		16		14		10	
	0,8	33	0,07	35	0,33	29	0,33	24	0,34

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 Союзморниипроекте.

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

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.

Модуль деформации

Модуль деформации 2
продольное

$\varphi = 32^\circ$

$\gamma = 17,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$

$\delta = 0,6$

$E_0 = 104 \text{ МПа}$

$\alpha = 0,027$

$h = 0,05 \text{ м}$

$B = 1,2 \text{ м}$

Нагрузка по

К-35 Схема 1

2100 кН

1200 кН

$q = 1,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$



С/И

ИЗМЕНЕНИЕ МОМЕНТОВ РЕАКЦИОННО-РАВНОВЕСИЕ ПРОГИБЫ

ПРОГИБЫ

С/И

ИЗМЕНЕНИЕ МОМЕНТОВ РЕАКЦИОННО-РАВНОВЕСИЕ ПРОГИБЫ

ПРОГИБЫ

1.42865	0.31549	-0.00629	-0.00629	1.42850
1.42865	-2.62248	-0.01002	-0.00982	0.15761
1.92155	-1.43217	-0.00747	-0.00737	-0.05809
1.56133	-1.37628	-0.00760	-0.00936	-0.21053
1.77626	-1.22477	-0.00783	-0.00974	-0.18025
1.62223	-1.14402	-0.01012	-0.01003	-0.05308
1.57274	-1.12542	-0.01055	-0.01046	0.09642
1.07681	-1.02508	-0.01193	-0.01096	0.27656
1.06633	-1.06334	-0.01165	-0.01126	0.50055
2.48177	-1.00037	-0.01237	-0.01228	0.80011
3.31036	-0.95124	-0.01325	-0.01316	1.23554
4.65300	-0.95516	-0.01420	-0.01415	2.15936
6.94655	-0.90219	-0.01537	-0.01537	3.66197
9.32218	-0.82225	-0.02229	-0.02448	0.04727
7.66447	-0.83636	-0.03078	-0.03432	-0.21140
2.71755	-1.82378	-0.04793	-0.04476	-24.36833
3.62626	-1.62864	-0.06420	-0.05511	-45.60707
0.247512	-2.16391	-0.07773	-0.06403	-19.90909
0.320645	-2.62236	-0.08348	-0.06250	2.54008
-0.70522	-2.64620	-0.08760	-0.07030	24.00660
1.5519278	-2.60911	-0.08122	-0.06660	49.89067
17.20654	-2.60349	-0.07329	-0.05973	27.35428
11.37303	-1.55555	-0.05127	-0.05220	9.70743
22.11278	-12.50506	-0.04998	-0.04531	-3.79868
18.97191	-10.54564	-0.04309	-0.03970	-14.55347
6.81372	-1.89471	-0.02995	-0.02073	-14.04712
-11.28557	-12.50261	-0.04493	-0.04074	-28.15024
32.48465	-14.16453	-0.04358	-0.04434	-13.04767
-40.51494	-15.70639	-0.05225	-0.04614	-0.82534
-47.47203	-15.51374	-0.05131	-0.04536	11.97818
-34.97944	-14.02973	-0.04091	-0.04200	26.44250
-15.02558	-11.45816	-0.04015	-0.03671	14.39272
0.20769	-2.65684	-0.03284	-0.03072	5.59451
0.48137	-2.07502	-0.02202	-0.02486	-0.33952
0.42335	-1.83900	-0.02002	-0.01944	-3.41632
0.55183	-1.73212	-0.01865	-0.01446	-4.01836
0.60904	2.81214	-0.02280	-0.02080	-1.53709
-0.02114	2.62292	-0.02315	-0.02315	-0.03352

Исходные данные

Приложение 2
продолжение

$\varphi = 32^\circ$
 $\gamma = 17,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$
 $\lambda = 0,8$
 $E_c = 176 \text{ МПа}$
 $\alpha = 0,046$

$h = 0,65 \text{ м}$
 $b = 1,2 \text{ м}$

Нагрузка по
к-35 Схема 1.

ПЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ

ПРОГИБЫ

ПРОГИБЫ

РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ X10 КНМ	РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ X10 КПА	ПРОГИБЫ СММ	ПРОГИБЫ СММ	ПЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ X10 КН
0,11283	170,87380	-0,00449	-0,00444	0,45133
0,29417	-1,77386	-0,00339	-0,00531	-0,17731
0,30101	11,16565	-0,00532	-0,00527	0,06936
0,18573	-1,31359	-0,00563	-0,00557	-0,14507
0,03991	11,31558	-0,00588	-0,00581	0,22377
-0,17849	-1,29766	-0,00912	-0,00605	-0,28077
-0,045715	1,28999	-0,00937	-0,00630	-0,32895
-0,07614	-1,20763	-0,00959	-0,00653	0,27810
-1,01267	1,11815	-0,00981	-0,00675	-0,11993
-0,09885	-0,63235	-0,00984	-0,00680	0,62125
-0,17593	10,00054	-0,00998	-0,00698	2,12120
1,94557	-0,00087	-0,00712	-0,00712	3,62225
5,56824	0,00227	-0,00761	-0,00761	5,12496
9,85694	-2,78322	-0,01378	-0,01346	3,28269
-11,34903	-8,75398	-0,02325	-0,02062	-5,72208
3,92428	14,42549	-0,03245	-0,02854	21,53746
-19,27649	15,97395	-0,05408	-0,03673	-44,00607
-51,56688	24,67152	-0,05542	-0,04401	-19,61191
-71,96349	27,28719	-0,06268	-0,04841	1,64346
-70,32973	27,31953	-0,06318	-0,04877	22,86002
-46,72444	24,83530	-0,05995	-0,04514	47,05766
-11,48587	20,48213	-0,04997	-0,03894	23,97910
13,95836	15,55844	-0,03706	-0,03224	6,76097
22,00865	11,30142	-0,02920	-0,02645	-5,30074
17,71707	-7,93744	-0,02345	-0,02190	-13,32566
6,26025	1,70791	-0,01771	-0,01746	-13,87515
-10,42341	11,06554	-0,02640	-0,02396	-25,65860
-29,55583	14,31469	-0,03153	-0,02776	-11,33623
-41,51344	16,38586	-0,03476	-0,03000	0,50073
-41,07988	16,66124	-0,03473	-0,02992	12,00725
-28,53296	15,01058	-0,03144	-0,02750	25,55455
-9,64543	12,23540	-0,02822	-0,02355	12,37207
3,62862	16,02780	-0,02056	-0,01901	3,03872
7,88963	-5,15563	-0,01483	-0,01419	-1,64803
6,84512	-3,44276	-0,01112	-0,01083	-3,91935
3,74511	0,51134	-0,00768	-0,00765	-3,03296
0,83641	0,00164	-0,00487	-0,00487	-1,53098
-0,69367	0,00424	-0,00210	-0,00210	-0,02590

$\varphi = 34^\circ$
 $\gamma = 175 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$
 $h = 0,65 \text{ м}$
 $\nu = 1,2$

$\beta = 0,8$
 $E_0 = 230 \text{ МПа}$
 $\alpha = 0,06$

Нагрузка по
 К-35 Схема I

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ X 10 КНМ	РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ X 10 КПа	ПРОГИБ см.	ПЕРЕВЕРТЫВАЮЩИЕ СИЛЫ X 10 КН
0,00841	-1,22129	-0,00355	0,03445
-0,04584	-1,51753	-0,00397	-0,28658
-0,18977	-1,64215	-0,00396	-0,03716
-0,29783	-1,27847	-0,00425	-0,07132
-0,39173	-1,35374	-0,00449	-0,19581
-0,59293	-1,37173	-0,00471	-0,34188
-0,93298	-1,36560	-0,00490	-0,48061
-1,39240	-1,29458	-0,00506	-0,53458
-1,85913	-1,56882	-0,00515	-0,51717
-2,03201	-0,58786	-0,00516	0,47739
-1,37820	-0,00020	-0,00513	1,97763
0,59984	-0,00147	-0,00500	3,47939
4,07937	-0,00202	-0,00505	4,98181
8,61664	-1,47977	-0,00541	4,70608
11,44113	-7,75176	-0,01364	-3,09602
6,53576	-13,78288	-0,02307	-18,13548
-13,56937	-20,28163	-0,02726	-40,97345
-43,07849	-25,88390	-0,03381	-18,03413
-62,03069	-28,94412	-0,04389	1,23291
-60,81403	-28,95821	-0,04319	20,43504
-39,45738	-25,92622	-0,04133	43,32358
-7,62431	-20,47792	-0,03347	20,25006
14,38629	-14,60943	-0,02584	4,21875
20,05743	-9,76384	-0,02000	-6,00386
19,17750	-6,02166	-0,01591	-11,72985
4,69940	-1,84960	-0,01325	-12,44938
-10,40202	-10,70662	-0,01921	-23,79732
-2,94559	-14,84417	-0,02352	-10,11032
-38,68304	-16,93428	-0,02984	1,06854
-37,84622	-17,70636	-0,02625	11,32091
-25,73776	-15,6084	-0,02107	24,72391
-7,66164	-13,17400	-0,01731	11,61511
4,90425	-9,67022	-0,01333	-2,23081
8,28446	-5,22327	-0,01117	-2,53708
6,53161	-2,62723	-0,00909	-4,18976
3,03385	-0,30226	-0,00568	-3,05319
0,07680	-0,00114	-0,00397	-1,55182
-1,47434	-0,00182	-0,00183	-0,04724

$\varphi = 34^\circ$
 $\gamma = 175 \frac{KH}{M3}$
 $\phi = 0,6$
 $E_0 = 170 \text{ МПа}$
 $\alpha = 0,044$

$h = 0,65 \text{ м}$
 $b = 1,8 \text{ м}$

Нагрузка по К-35 Схема I

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ

ПРОГИБЫ

х 10 КНМ	х 10 КПа	сум. м	х 10 КН
0,01801	-0,79330	-0,00330	0,07205
-0,01616	-1,02933	-0,00373	-0,28073
-0,04793	-0,69833	-0,00366	-0,03373
-0,25261	-0,84711	-0,00394	0,06253
-0,34413	-0,91153	-0,00416	-0,20329
-0,53887	-0,89254	-0,00434	0,30985
-0,84861	-0,89230	-0,00452	-0,41529
-1,25384	-0,86838	-0,00469	-0,41907
-1,68570	-0,76348	-0,00480	-0,33333
-1,92010	-0,89919	-0,00481	0,24813
-1,43739	-0,02211	-0,00473	1,78793
0,34082	-0,00065	-0,00466	3,28910
3,63015	-0,00103	-0,00524	4,79095
7,08227	-0,57415	-0,00855	4,53749
10,83653	-4,71465	-0,01379	-2,44887
6,61706	-8,4928	-0,01989	-16,51736
-11,96751	-13,24259	-0,02687	-38,35422
-39,65122	-17,58582	-0,03348	-16,50870
-57,33716	-20,30192	-0,03762	1,12784
-56,19287	-20,17877	-0,03780	18,30605
-36,23672	-17,40962	-0,03414	41,10873
-6,34662	-13,37184	-0,02914	18,53943
14,07693	-9,19958	-0,02216	3,48019
18,97440	-6,03702	-0,01747	-5,88644
14,12995	-3,72142	-0,01414	-11,08499
4,16720	-1,22748	-0,01189	-11,79446
-10,14540	-0,82328	-0,01707	-22,57635
-26,60880	-9,50553	-0,02085	-8,90631
-36,36343	-11,79169	-0,02313	1,36974
-35,16533	-12,63894	-0,02193	11,19965
-23,22415	-10,52415	-0,02095	23,75618
-5,87613	-8,09756	-0,01741	10,68057
5,87374	-5,12260	-0,01374	1,88349
8,74633	-3,52377	-0,01028	-2,95930
6,77627	-1,31903	-0,00768	-3,83356
3,26137	-0,26175	-0,00541	-3,44551
0,16240	-0,22003	-0,00403	-1,54946
-1,45554	-0,00169	-0,00204	-0,00641

$\varphi = 36^\circ$
 $\gamma = 1,75 \frac{KH}{M3}$
 $\Phi = 0,6$
 $E_0 = 180 \text{ МПа.}$
 $\alpha = 0,047$

$h = 0,65 \text{ м}$
 $\delta = 1,2 \text{ м}$

Нагрузка по
к-35 Схемат

ПЕРЕБРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ

ПРОГИБ

ПРОГИБ

ИЗМЕНЯЮЩЕЕ МОМЕНТ РЕАКЦИОННОЕ ДАВЛЕНИЕ

Х/Ю КН	Х/Ю КН	у, м	у, м	Х/Ю КПа
0,06396	-0,03680	-0,00441	-0,00341	-1,03680
0,14363	-1,62404	-0,00508	-0,00511	-1,12251
0,16108	-1,12251	-0,00509	-0,00511	-1,26757
0,01754	-1,26757	-0,00538	-0,00541	-1,32180
-0,05584	-1,32180	-0,00566	-0,00566	-1,25937
-0,20338	-1,25937	-0,00593	-0,00593	-1,53862
-0,40566	-1,53862	-0,00616	-0,00620	-1,25791
-0,67130	-1,25791	-0,00644	-0,00644	-1,05521
-0,90583	-1,05521	-0,00659	-0,00667	-0,76813
-0,89920	-0,76813	-0,00675	-0,00677	-0,47062
-0,26038	-0,47062	-0,00695	-0,00695	0,00660
1,48390	0,00660	-0,00712	-0,00712	0,00160
4,65184	0,00160	-0,00777	-0,00777	2,21525
8,55315	2,21525	-0,01262	-0,01262	7,67126
10,52201	7,67126	-0,01866	-0,01866	-13,36374
4,61321	-13,36374	-0,02553	-0,02553	-15,63373
-15,99631	-15,63373	-0,03269	-0,03269	-25,63670
-45,44321	-25,63670	-0,03914	-0,03914	-25,15379
-64,82440	-25,15379	-0,04300	-0,04300	-25,12842
-62,54338	-25,12842	-0,04331	-0,04331	-25,75627
-41,03247	-25,75627	-0,04612	-0,04612	-20,01070
-8,85806	-20,01070	-0,03458	-0,03458	-14,08829
13,80157	-14,08829	-0,02874	-0,02874	-10,04205
20,29339	-10,04205	-0,02376	-0,02376	7,65516
15,85498	7,65516	-0,01997	-0,01997	-1,77233
15,26019	-1,77233	-0,01681	-0,01681	-10,80593
-10,10634	-10,80593	-0,02237	-0,02237	-14,56678
-28,04324	-14,56678	-0,02591	-0,02591	-17,44637
-39,02815	-17,44637	-0,02800	-0,02800	-17,23384
-38,34421	-17,23384	-0,03004	-0,03004	-15,39117
-26,25627	-15,39117	-0,02742	-0,02742	-12,19506
-8,23345	-12,19506	-0,02191	-0,02191	-8,10963
4,62136	-8,10963	-0,01742	-0,01742	-5,04163
8,54026	-5,04163	-0,01357	-0,01357	-3,56473
7,63142	-3,56473	-0,01080	-0,01080	-1,16547
4,24465	-1,16547	-0,00780	-0,00780	0,76532
0,84662	0,76532	-0,00555	-0,00555	0,00283
-0,01674	0,00283	-0,00303	-0,00303	

ИЗМЕНЯЮЩЕЕ МОМЕНТ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ
 $\times 10^4 \text{ КН М}$

-0,96645	-1,40484	-0,03275	-0,00286
-0,17265	-1,22612	-0,00286	-0,00286
-0,2879	-1,03610	-0,00297	-0,00297
-0,25661	-1,23392	-0,00321	-0,00321
-0,23030	-1,36230	-0,00340	-0,00340
-0,33500	-1,41518	-0,00355	-0,00355
-0,62649	-1,42399	-0,00370	-0,00370
-1,10010	-1,34591	-0,00385	-0,00382
-1,65861	-1,17715	-0,00393	-0,00391
-2,00901	-0,61112	-0,00390	-0,00388
-1,57913	-0,00036	-0,00378	-0,00376
0,16815	0,00174	-0,00360	-0,00356
3,41704	0,00193	-0,00442	-0,00442
8,05686	-0,03686	-0,00656	-0,00655
11,94160	-6,78174	-0,01099	-0,01063
9,23632	-13,03480	-0,01639	-0,01536
-7,91166	-20,29105	-0,02297	-0,02072
-34,66826	-26,66184	-0,02958	-0,02573
-51,91739	-30,74577	-0,03377	-0,02876
-50,96753	-30,62721	-0,03389	-0,02888
-31,71080	-26,85824	-0,03303	-0,02614
-3,03181	-20,03756	-0,02402	-0,02163
15,79406	-13,85988	-0,01427	-0,01705
19,17247	-8,31813	-0,01377	-0,01322
13,73308	-3,92948	-0,01067	-0,01047
4,36725	-1,83352	-0,00972	-0,00963
-8,70847	-9,65051	-0,01363	-0,01296
-23,76126	-15,35833	-0,01753	-0,01623
-32,51196	-18,55132	-0,01989	-0,01811
-31,06487	-18,56667	-0,01976	-0,01800
-19,74171	-16,51688	-0,01777	-0,01636
-3,53326	-12,12322	-0,01421	-0,01338
7,45720	-7,52093	-0,01059	-0,01026
9,65453	-4,95286	-0,00810	-0,00790
7,77351	-2,43295	-0,00594	-0,00587
4,30166	-0,34824	-0,00427	-0,00426
1,36091	0,00070	-0,00318	-0,00318
-0,11997	0,00203	-0,00203	-0,00203

ПЕРЕГРЯЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ
 $\times 10^4 \text{ КН}$

-0,19538	-0,00271	-0,00286	-0,00286
-0,15715	-0,00293	-0,00315	-0,00315
0,09953	-0,00321	-0,00340	-0,00340
0,04682	-0,00355	-0,00370	-0,00370
-0,08793	-0,00382	-0,00391	-0,00382
-0,28975	-0,00442	-0,00442	-0,00442
-0,49854	-0,00655	-0,00655	-0,00655
-0,60764	-0,01063	-0,01063	-0,01063
-0,52021	-0,01536	-0,01536	-0,01536
0,24644	-0,02072	-0,02072	-0,02072
1,74687	-0,02573	-0,02573	-0,02573
3,74895	-0,02876	-0,02876	-0,02876
4,75078	-0,02888	-0,02888	-0,02888
5,30875	-0,02614	-0,02614	-0,02614
-0,82934	-0,02163	-0,02163	-0,02163
-14,97110	-0,01705	-0,01705	-0,01705
-37,32034	-0,01322	-0,01322	-0,01322
-16,17456	-0,01047	-0,01047	-0,01047
0,93291	-0,00963	-0,00963	-0,00963
18,10825	-0,00972	-0,00972	-0,00972
39,87764	-0,01296	-0,01296	-0,01296
16,85257	-0,01623	-0,01623	-0,01623
1,72072	-0,01811	-0,01811	-0,01811
-6,76104	-0,01800	-0,01800	-0,01800
-9,97684	-0,01636	-0,01636	-0,01636
-10,74864	-0,01338	-0,01338	-0,01338
-20,82924	-0,01026	-0,01026	-0,01026
-7,80423	-0,00790	-0,00790	-0,00790
1,43449	-0,00587	-0,00587	-0,00587
10,72618	-0,00426	-0,00426	-0,00426
22,40593	-0,00318	-0,00318	-0,00318
9,89567	-0,00203	-0,00203	-0,00203

Исходные данные

$\varphi = 36^\circ$
 $\gamma = 175 \frac{\text{КН}}{\text{М}^3}$
 $\Phi = 0,8$
 $E_0 = 305 \text{ МПа}$
 $\alpha = 0,08$

$h = 0,65 \text{ м}$
 $B = 1,2 \text{ м}$

Продолжение № 1
 продолжение

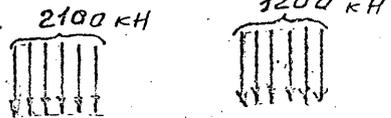
Нагрузка по
 К-35 Схема 1.

ИЗМЕНЯЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ СУМ. М ПРОГИБЫ ПЕРЕЗЫВШАЩИЕ СИЛЫ
 X Ю К/М/М Упр. М X Ю К/М

0.35541	0.06703	-0.02970	0.07966	1.58044
1.95582	0.05126	-0.00397	-0.00397	3.08196
5.07781	0.03377	-0.00952	-0.00952	4.58368
9.62142	0.01460	-0.00735	-0.00735	6.08528
15.76663	0.00120	-0.00367	-0.00867	7.58671
23.25315	0.00066	-0.01087	-0.01087	9.08730
32.28647	0.01331	-0.01434	-0.01434	10.21154
41.90614	-0.028615	-0.01788	-0.01954	8.96816
49.98160	5.25518	-0.02821	-0.02710	4.16195
52.85628	5.52722	-0.04028	-0.03741	5.80131
65.33508	-15.128568	-0.05725	-0.05070	22.64712
20.55394	-22.40900	-0.07789	-0.06652	48.03493
-15.37254	25.81416	-0.09440	-0.07321	25.21193
-41.64765	-28.00806	-0.10334	-0.08173	4.62161
-44.83581	-25.22595	-0.07424	-0.07649	19.10245
-24.72326	-21.83289	-0.08309	-0.06869	46.87898
10.27525	-17.01005	-0.09339	-0.05935	27.13771
38.57187	-13.78486	-0.05652	-0.05070	12.09576
51.55202	-10.96374	-0.04320	-0.04427	0.51128
52.49063	-6.47987	-0.03384	-0.04074	-9.36456
43.09842	-5.57155	-0.04321	-0.04012	-19.35042
23.36871	-10.59237	-0.04550	-0.04488	-30.93520
-0.69513	-12.53676	-0.04984	-0.04502	-14.95761
-16.22017	-14.82879	-0.05397	-0.04800	-1.25215
-18.06163	-16.79204	-0.05722	-0.05004	10.09740
-7.16201	-14.11709	-0.05018	-0.04489	24.65689
10.35498	-12.28339	-0.04351	-0.03932	11.41682
23.13642	-5.35719	-0.03348	-0.03139	2.88820
26.92656	-5.36215	-0.02553	-0.02451	-2.06938
25.50970	-3.26371	-0.01969	-0.01921	-4.46283
21.46204	-1.88060	-0.01553	-0.01531	-5.21955
16.50902	-0.67678	-0.01261	-0.01252	-4.90489
11.72565	-0.58624	-0.01076	-0.01071	-4.10838
7.65008	-0.47666	-0.00962	-0.00959	-3.18030
4.46345	-0.45822	-0.00388	-0.00385	-2.27816
2.18329	-0.30450	-0.00730	-0.00827	-1.38355
0.77414	-0.55027	-0.00788	-0.00785	-0.59260
0.13151	-0.75554	-0.00649	-0.00746	0.00076

Исходные данные
 $\varphi = 32^\circ$
 $\gamma = 1.75 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$
 $\tau = 0.6$
 $E_0 = 104 \cdot \text{МПа}$
 $\alpha = 0.027$
 $h_s = 0.65$
 $b = 1.2 \text{ м}$

Приложение 2
 продолжение
 Нагрузка по
 К-35 Схема 2



$q = 1.5 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$



ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ, РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ

X/0 КНМ

0,40399

1,52690

3,13988

5,56726

7,78429

14,70228

21,52135

29,69022

38,08592

43,59289

40,74898

21,48193

9,54140

-32,24245

-34,35060

-19,68161

10,26198

33,58241

43,04706

42,83418

34,74863

18,17616

-1,94213

-14,13010

-14,51653

-4,27292

11,61605

21,92027

23,54068

20,71954

16,20203

11,58778

7,69845

4,82007

2,91230

1,82942

1,38791

1,30989

ПРОГИБЫ

УЩР М

0,07669

-0,00537

-0,00495

-0,00470

-0,00469

-0,00518

-0,00652

-0,00892

-0,01300

-0,01914

-0,02774

-0,03859

-0,04411

-0,04986

-0,04614

-0,04039

-0,03345

-0,02715

-0,02264

-0,02052

-0,02076

-0,02291

-0,02612

-0,02901

-0,03119

-0,02623

-0,02336

-0,01765

-0,01312

-0,00982

-0,00771

-0,00628

-0,00553

-0,00510

-0,00481

-0,00471

-0,00468

-0,00455

ПЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ

X/0 КН

1,61595

1,25976

2,31646

3,81686

5,31793

6,81924

8,32002

9,82123

6,83035

-0,84511

-16,51971

-43,18364

-21,20631

-5,23590

15,27361

41,36464

21,77150

8,37421

-0,66201

-7,90185

-15,87583

-26,63744

-11,32253

0,53218

8,71202

23,01982

8,80380

0,58999

-3,50443

-4,86558

-4,83335

-3,92576

-2,87020

-1,84827

-1,06424

-0,35342

0,00286

0,03614

$\varphi = 32^\circ$

$\gamma = 175 \frac{КЧ}{МЗ}$

$\delta = 0,6$

$E_0 = 129 МПа$

$\alpha = 0,034$

$h = 0,65 м$

$B = 1,8 м$

ПРОДОЛЖЕНИЕ

Нагрузка по

К-35 Схема 2

$\varphi = 32^\circ$
 $\gamma = 17,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
 $\delta = 0,8$
 $E_0 = 217 \text{ МПа}$
 $\alpha = 0,057$
 $h = 0,65 \text{ м}$
 $b = 1,8 \text{ м}$

Нагрузка по К-35 Схема 2

ПЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ

ПРОГИБЫ

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ

x / м	Упр. м	СУМ. М	$\gamma \cdot 10 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ $\gamma \cdot 10 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$	ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ $\text{кг}\cdot\text{м}$
0	-0,00355	-0,00359	-1,81063	-4,89067	-0,43978
1	-0,00259	-0,00259	0,00011	-4,89067	-1,38409
2	-0,00285	-0,00285	-0,17035	-3,53058	-1,71974
3	-0,00309	-0,00310	-0,24580	-1,95837	-0,81926
4	-0,00326	-0,00327	-0,10506	-0,54827	1,23560
5	-0,00343	-0,00343	0,00014	-0,42053	4,58447
6	-0,00387	-0,00387	0,00020	-0,42053	9,58583
7	-0,00480	-0,00480	-0,04080	-4,89067	15,66907
8	-0,00661	-0,00666	-1,15001	-11,50011	22,89813
9	-0,00958	-0,00980	-3,32482	-3,32482	29,07771
10	-0,01425	-0,01500	-7,41823	-7,41823	29,90926
11	-0,02054	-0,02261	-13,56433	-13,56433	17,96423
12	-0,02828	-0,03356	-23,27655	-23,27655	-5,37629
13	-0,02893	-0,03413	-22,56831	-22,56831	-25,05042
14	-0,02713	-0,03143	-20,24788	-20,24788	-30,62199
15	-0,02364	-0,02660	-16,49486	-16,49486	-17,29512
16	-0,01901	-0,02061	-11,49676	-11,49676	-6,37632
17	-0,01481	-0,01557	-7,20226	-7,20226	24,36201
18	-0,01197	-0,01234	-4,66832	-4,66832	30,18135
19	-0,01085	-0,01112	-3,63635	-3,63635	28,60185
20	-0,01131	-0,01166	-4,46217	-4,46217	21,23096
21	-0,01294	-0,01353	-6,52572	-6,52572	6,77122
22	-0,01495	-0,01591	-8,99277	-8,99277	-10,61641
23	-0,01634	-0,01760	-10,60663	-10,60663	-19,80624
24	-0,01655	-0,01774	-9,87146	-9,87146	-15,52913
25	-0,02216	-0,02582	-20,90673	-20,90673	-2,85696
26	-0,01170	-0,01210	-4,89067	-4,89067	8,27520
27	-0,00880	-0,00902	-3,53058	-3,53058	12,96417
28	-0,00665	-0,00674	-1,95837	-1,95837	12,86744
29	-0,00517	-0,00520	-1,02457	-1,02457	10,41885
30	-0,00424	-0,00425	-0,54827	-0,54827	7,40196
31	-0,00372	-0,00373	-0,42053	-0,42053	4,73729
32	-0,00339	-0,00340	-0,39389	-0,39389	2,76179
33	-0,00326	-0,00328	-0,55277	-0,55277	1,48775
34	-0,00313	-0,00315	-0,63065	-0,63065	0,74870
35	-0,00300	-0,00301	-0,65419	-0,65419	0,39722
36	-0,00290	-0,00291	-0,73271	-0,73271	0,33954
37	-0,00279	-0,00281	-0,81097	-0,81097	0,41413

ИЗМЕНЯЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ СУМ. М

$\times 10^4 \text{ КГМ}$	$\times 10^4 \text{ КГ/СМ}$	ПРОГИБЫ ПЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ УПР. М	$\times 10^4 \text{ КН}$
10,35901	0,08304	-0,07646	1,59965
1,68410	-0,56848	-0,00671	1,63746
3,90002	-0,04029	-0,00654	3,38911
7,30134	-0,00038	-0,00662	4,88937
12,19101	0,00072	-0,00702	6,39043
18,58139	-0,00066	-0,00810	7,89123
20,47246	-0,00010	-0,01022	9,39135
35,43785	-1,41972	-0,01371	9,18769
43,78989	-4,20318	-0,01919	5,64147
48,13956	-8,51120	-0,02701	-3,07197
43,19139	-14,76511	-0,03757	-19,29008
21,41536	-23,05156	-0,05310	-45,45197
-11,88446	-26,31105	-0,06798	-23,02524
-30,02264	-30,00417	-0,06347	-5,03024
-40,03964	-26,62664	-0,06781	17,01776
-21,81818	-22,61427	-0,05261	43,88033
10,43210	-17,63173	-0,04460	24,22255
36,02017	-13,08032	-0,03732	10,02617
47,05225	-9,72726	-0,03193	-0,14647
47,32942	-8,31527	-0,02926	-8,62479
38,64974	-8,59846	-0,02909	-17,44293
20,58824	-10,56056	-0,03120	-28,61560
-1,31117	-13,17311	-0,03436	-12,92332
-14,96544	-15,61035	-0,03734	-0,15575
-15,91758	-18,26334	-0,03950	9,42825
-5,30232	-14,30652	-0,03448	23,76036
11,42423	-12,75256	-0,03047	9,95729
22,74759	-8,19855	-0,02372	1,61903
25,32495	-5,00441	-0,01820	-2,88626
23,10677	-2,77709	-0,01401	-4,71877
18,78438	-1,45613	-0,01110	-4,966913
14,03815	-0,72355	-0,00919	-4,33038
9,76582	-0,51553	-0,00799	-3,45301
6,33424	-0,44449	-0,00724	-2,48640
3,13372	-0,49113	-0,00677	-1,57576
2,23316	-0,57665	-0,00644	-0,76774
1,41094	-0,75750	-0,00622	-0,17685
1,11761	-1,07744	-0,00603	0,03023

$\varphi = 34^\circ$
 $\gamma = 1,75 \frac{\text{КН}}{\text{МЗ}}$
 $\phi = 0,6$
 $E_0 = 136 \text{ МПа}$
 $\alpha = 0,036$

$h_8 = 0,65$
 $b = 1,2$

Продолжение

Нагрузка по К-35 Схема 2

$\varphi = 34^\circ$

$\gamma = 1,75 \frac{кН}{м^3}$

$\delta = 0,8$

$E_0 = 230 \text{ МПа}$

$\alpha = 0,06$

$h = 0,65 \text{ м}$

$B = 1,2 \text{ м}$

Нагрузка по

К-35 Схема 2

ПЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ

$x/10, \text{ м}$	$\times 10, \text{ кН}$
-6,71506	
-5,09943	
-3,50699	
-1,93563	
-0,38338	
1,15175	
2,67124	
14,80243	
15,30434	
8,54526	
-5,99171	
-28,05313	
-25,44807	
-6,47958	
13,88206	
39,31424	
19,26146	
5,90912	
-2,82448	
-9,67934	
-17,42104	
-27,70241	
-10,90054	
5,15916	
27,94482	
5,35072	
4,13680	
0,29471	
-1,76769	
-2,39187	
2,15300	
-1,78843	
-1,17766	
-0,80115	
-0,54521	
-0,64468	
-0,27325	
0,00123	

ПРОГИБЫ

$y/10, \text{ м}$	$\times 10, \text{ мм}$
-0,00705	
0,05209	
0,04110	
0,03073	
0,02119	
0,01259	
0,00494	
-0,00182	
-0,00792	
-0,01407	
-0,02107	
-0,02932	
-0,04671	
-0,03969	
-0,03727	
-0,03273	
-0,02695	
-0,02165	
-0,01794	
-0,01618	
-0,01628	
-0,01761	
-0,01932	
-0,02004	
-0,01915	
-0,04068	
-0,01429	
-0,01135	
-0,00904	
-0,00730	
-0,00611	
-0,00543	
-0,00490	
-0,00466	
-0,00446	
-0,00434	
-0,00392	
-0,00362	

ПРОГИБЫ

сум. м	$\times 10, \text{ мм}$
-0,00737	
0,05213	
0,04112	
0,03074	
0,02120	
0,01259	
0,00494	
-0,00193	
-0,00796	
-0,01471	
-0,02303	
-0,03352	
-0,06425	
-0,04877	
-0,04537	
-0,03858	
-0,03043	
-0,02350	
-0,01897	
-0,01693	
-0,01712	
-0,01879	
-0,02096	
-0,02183	
-0,02008	
-0,05708	
-0,01450	
-0,01169	
-0,00922	
-0,00738	
-0,00615	
-0,00546	
-0,00492	
-0,00468	
-0,00449	
-0,00437	
-0,00394	
-0,00365	

РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ

$x/10, \text{ кПа}$	$\times 10, \text{ кПа}$
-6,84589	
0,09636	
0,07703	
0,05947	
0,04354	
0,02928	
0,01624	
8,85933	
-0,83174	
-6,88257	
-13,36415	
-19,63452	
-42,82912	
-29,19292	
-28,03195	
-23,80652	
-17,96065	
-12,57695	
-8,52800	
-6,96238	
-7,70142	
-9,81781	
-12,24845	
-12,86691	
-7,26195	
-45,07341	
-2,26160	
-4,45175	
-2,96865	
-1,77016	
-1,05095	
-0,94619	
-0,74103	
-0,93624	
-1,03671	
-1,33290	
-0,94045	
-1,02126	

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ

$x/10, \text{ кНм}$	$\times 10, \text{ кНм}$
-1,67877	
-6,31115	
-11,41638	
-14,92863	
-16,86903	
-17,25667	
-16,19884	
-10,78467	
1,11043	
14,59951	
21,20030	
13,32745	
-8,55966	
-29,91628	
-36,04761	
-20,89795	
7,04503	
27,98160	
35,04538	
32,69057	
22,78954	
4,73372	
-16,19775	
-27,28394	
-20,44331	
-3,84349	
-6,85176	
10,33173	
11,07157	
9,66327	
7,48715	
5,36548	
3,63861	
2,40216	
1,57112	
0,93703	
0,40936	
0,11290	

Исходные данные

$$\varphi = 34^\circ$$

$$\gamma = 17,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$$

$$\lambda = 0,6$$

$$E_0 = 170 \text{ МПа}$$

$$\alpha = 0,044$$

$$h = 0,65 \text{ м}$$

$$B = 1,8 \text{ м}$$

Приложение 2
продолжение

Нагрузка по

к-35 Схема 2

ПЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ

ПРОГИБЫ

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ

РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ $\times 10 \text{ кНм}$	РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ $\times 10 \text{ кПа}$	ПРОГИБЫ уар. м	ПЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ $\times 10 \text{ кН}$
-0,62156	-2,21458	-0,00486	-2,48624
-2,11078	0,00101	-0,00241	-0,98442
-2,87740	0,48501	-0,00303	1,38860
-1,68369	0,05193	-0,00359	2,98207
1,28978	0,03283	-0,00400	4,54116
5,81621	0,00009	-0,00444	6,04133
11,85750	0,00003	-0,00521	7,54137
19,21526	-0,40799	-0,00660	8,30698
26,98199	-1,60851	-0,00905	6,91166
32,83183	-3,96807	-0,01299	1,26914
32,37375	-7,80631	-0,01869	-11,28221
18,54851	-13,45752	-0,02626	-34,00572
-6,82407	-23,43942	-0,03616	-22,19667
-28,09187	-21,37523	-0,03587	-6,67207
-33,68698	-19,42647	-0,03379	12,36029
-19,98256	-15,99507	-0,02969	37,56918
6,46929	-11,53347	-0,02435	18,30894
26,52034	-7,66212	-0,01949	6,01714
33,66338	-5,16005	-0,01611	-1,77096
32,99497	-4,26548	-0,01463	-7,94881
24,07776	-4,86229	-0,01497	-15,20093
8,10064	-6,58687	-0,01665	-25,55730
-10,89963	-8,68260	-0,01880	-9,68597
-21,17792	-9,94395	-0,02026	3,81592
-16,96680	-9,12054	-0,02047	18,89896
-3,52039	-21,23759	-0,02845	12,17130
8,52026	-4,86052	-0,01498	4,92237
13,97339	-3,68136	-0,01143	-0,20409
14,64397	-2,18187	-0,00875	-2,63145
12,21808	-1,28045	-0,00690	-3,43626
9,06977	-0,64094	-0,00557	-3,08996
6,06737	-0,44667	-0,00481	-2,39396
3,68230	-0,41416	-0,00436	-1,63934
2,02327	-0,47115	-0,00410	-0,98740
0,94428	-0,56327	-0,00394	-0,50129
0,45638	-0,64669	-0,00381	-0,16138
0,27533	-0,62750	-0,00366	0,10113
0,28733	-0,82436	-0,00354	-0,00839

Исходные данные $h = 0,65 \text{ м}$
 $\varphi = 34^\circ$
 $\gamma = 17,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$
 $\beta = 1,8 \text{ м}$
 $\beta = 0,8$
 $E_0 = 287 \text{ МПа}$
 $\alpha = 0,075$

Приложение 2
 продолжение

Нагрузка по
 К-35 Схема 2

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБЫ

ПРОГИБЫ
 У-р. м.

У-р. м.

У-р. м.

У-р. м.

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ $\times 10 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$	РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ $\times 10 \frac{\text{кПа}}$	ПРОГИБЫ У-р. м.	ПРОГИБЫ У-р. м.
0,31258	-1,52795	-0,00257	-1,25031
-0,96998	-0,21040	-0,00216	-0,412902
-1,26011	-0,00238	-0,00238	0,42783
-0,76871	-0,42715	-0,00248	1,15897
0,48451	-0,21770	-0,00255	3,26710
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	-0,00461	-0,00460	7,41414
25,10504	-2,76556	-0,00686	3,493613
27,19553	-6,86696	-0,01045	-6,92439
17,21815	-13,65138	-0,01574	-29,99686
-3,90969	-23,10910	-0,02146	-17,59325
-21,78198	-23,72922	-0,02261	-6,430583
-26,98954	-21,28668	-0,02124	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	-0,00874	-2,11217
24,67613	-2,56788	-0,00787	-5,95435
18,26511	-3,58272	-0,00841	-11,62325
5,52096	-6,47405	-0,00976	-21,77654
-10,09294	-9,45551	-0,01219	-7,27844
-18,18979	-11,26481	-0,01359	3,94490
-13,88327	-10,46561	-0,01364	16,60681
-2,00206	-20,56179	-0,01885	10,37560
8,15043	-4,79127	-0,00881	3,25131
12,08288	-3,27749	-0,00651	1,114817
11,63501	-1,72169	-0,00491	-2,74613
9,27146	-0,87136	-0,00383	-2,81458
6,54775	-0,66937	-0,00327	-2,51981
4,07998	-0,59308	-0,00288	-2,401536
2,14582	-0,37232	-0,00257	-1,18554
0,85779	-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	-0,00228	0,41745
0,76334	-1,05268	-0,00220	0,02263

ИЗМЕНЯЮЩЕ МОМЕНТЪ РЕАКЦИОНСЕ ДАВЛЕННЕ ПРОГИБЪ

ПРОГИБЪ

ИЗМЕНЯЮЩЕ МОМЕНТЪ РЕАКЦИОНСЕ ДАВЛЕННЕ ПРОГИБЪ

$X/0$ КН/М	$X/0$ КН/М	Ущ. М	$X/0$ КН
0.40865	0.11017	0.07793	1.63220
1.49004	-1.72382	-0.00565	1.06355
2.95264	-0.19368	-0.00525	2.09113
5.16194	-0.00030	-0.00513	3.59148
8.75361	0.00030	-0.00518	5.09250
13.84619	0.00109	-0.00570	6.59381
20.43585	0.00070	-0.00700	8.09465
28.43169	-0.00499	-0.00934	9.18426
36.80354	-3.04998	-0.01330	7.02429
42.50717	-7.45219	-0.01927	-0.41834
40.08128	-14.14390	-0.02758	-15.89101
21.31616	-23.72426	-0.03805	-42.86012
-9.27167	-26.56667	-0.04344	-60.74013
-31.70538	-32.25223	-0.04911	-5.41042
-35.89714	-28.14980	-0.05192	14.80983
-19.65685	-23.38148	-0.04453	40.75204
9.71698	-17.58795	-0.03330	21.18149
32.50392	-12.60730	-0.02714	8.03273
41.65137	-8.49169	-0.02276	-0.65730
41.42746	-7.04711	-0.02074	-7.61363
33.60181	-7.75326	-0.02100	-15.41774
17.45341	-10.18885	-0.02308	-26.14435
-2.18675	-13.50768	-0.02613	-10.85356
-13.97722	-16.63782	-0.02901	0.68105
-16.29304	-19.95370	-0.03100	8.23660
-4.28090	-14.03320	-0.02597	22.89436
11.32751	-13.22187	-0.02330	8.40813
21.33957	-7.92346	-0.01770	0.33997
22.71371	-4.52745	-0.01330	-3.59297
19.78372	-2.31636	-0.01022	-4.87259
15.27317	-1.10421	-0.00799	-4.69765
10.77114	-0.45863	-0.00662	-3.74800
7.03597	-0.41580	-0.00590	-2.74696
4.28652	-0.42678	-0.00544	-1.75910
2.47046	-0.41356	-0.00520	-0.99537
1.42772	-0.77165	-0.00502	-0.42135
0.98994	-0.82495	-0.00482	0.08871
0.54571	-1.10169	-0.00474	0.00567

Исходные данные
 $\varphi = 36^\circ$
 $\gamma = 1.75 \frac{кч}{м^3}$
 $\alpha = 0.6$
 $E_0 = 180 \text{ МПа}$
 $\alpha = 0.047$

Приложение 2
 продолжение

Нагрузка по
 К-35 Схема 2.

Исходные данные

Приложение 2
продолжение

$\varphi = 36^\circ$

$h_8 = 0,65 \text{ м}$

$\gamma = 17,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$

$\delta = 1,2 \text{ м}$

$\alpha = 0,8$

Нагрузка по

$E_0 = 305 \text{ МПа}$

К-35

Схема 2

$d = 0,08$

ПЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ

ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ $X10 \text{ КНМ}$	РЕАКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПРОГИБА $X10 \text{ КПа}$	СУМ. М	ПРОГИБ Ущ. М	ПЕРЕЗЫВАЮЩИЕ СИЛЫ $X10 \text{ КН}$
-0,35205	-2,42369	-0,00350	-0,00346	-1,40319
-1,04673	-0,64513	-0,00291	-0,00290	0,03766
-1,17721	-0,60562	-0,00319	-0,00318	0,81092
-0,32595	-0,47116	-0,00336	-0,00335	1,74553
1,49519	-0,21543	-0,00353	-0,00352	2,98222
4,54319	-0,00015	-0,00373	-0,00373	4,48240
9,02502	-0,00027	-0,00417	-0,00417	5,98273
14,99529	-0,03024	-0,00311	-0,00511	7,44643
22,00192	-1,50917	-0,00388	-0,00683	7,13544
28,14075	-4,83115	-0,01000	-0,00977	2,33806
29,19337	-10,78262	-0,01501	-0,01423	-8,60109
17,68423	-20,47612	-0,02263	-0,02040	-31,67244
-5,112312	-34,67584	-0,03288	-0,02735	-19,28345
-24,33022	-34,42128	-0,03417	-0,02850	-6,58899
-29,83046	-30,79221	-0,03151	-0,02683	10,46036
-17,60213	-24,89853	-0,02661	-0,02342	34,58165
6,18303	-17,13721	-0,02064	-0,01893	15,51700
23,68471	-10,52156	-0,01567	-0,01482	4,39113
29,26672	-6,53188	-0,01258	-0,01218	-1,97113
27,70526	-5,18639	-0,01133	-0,01105	-6,69479
20,61644	-6,51990	-0,01187	-0,01150	-13,01868
6,60793	-9,79958	-0,01373	-0,01308	-23,27817
-10,34227	-13,72676	-0,01611	-0,01505	-8,25027
-19,38446	-16,34594	-0,01781	-0,01640	3,63457
-15,26967	-14,74485	-0,01787	-0,01660	17,44075
-2,85125	-31,48714	-0,02479	-0,02103	11,15617
8,17010	-6,93624	-0,01228	-0,01167	4,33268
12,96044	-5,6952	-0,00927	-0,00903	-0,65874
15,02845	-2,98746	-0,00701	-0,00681	-2,74369
10,63705	-1,81367	-0,00558	-0,00553	-3,42008
7,50408	-0,82739	-0,00453	-0,00451	-2,94895
4,58057	-0,77210	-0,00398	-0,00396	-2,37547
2,35820	-0,826127	-0,00346	-0,00346	-1,18889
1,00744	-0,80121	-0,00340	-0,00339	-0,65044
0,33910	-0,89635	-0,00326	-0,00325	-0,21886
0,05373	-1,02235	-0,00317	-0,00315	-0,01767
0,08447	-0,92046	-0,00297	-0,00296	0,37778
0,27082	-1,55207	-0,00296	-0,00294	0,00809

Пример расчета.

Определение усилий в балках и деформации.

Необходимо на причальном сооружении из заанкерванного 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 территория образованы из среднезернистого песка со средним углом внутреннего трения $\varphi = 32^{\circ}35'$, сцеплением $C=1$ кПа и $\gamma = 19$ кН/м³.

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

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

$$C_t = 1 + 0,04 \cdot 23 = 1,9 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

Определяем средневзвешенное значение $\gamma_{взв}$.

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

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

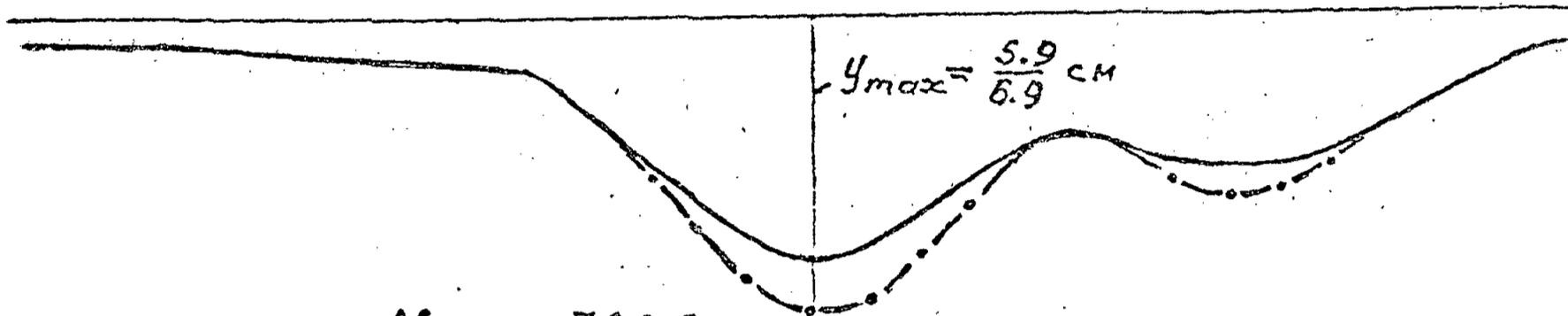
А
2100 кН

продолжение Г

1200 кН



У см



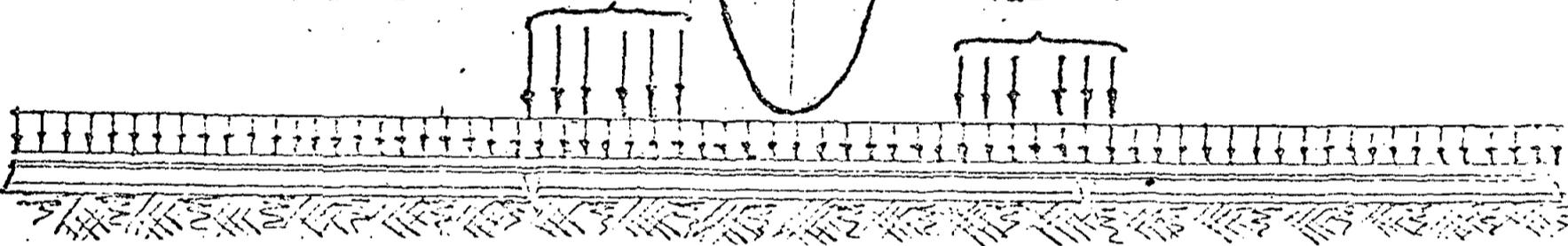
$M_{max} = 783.6$

М кНм

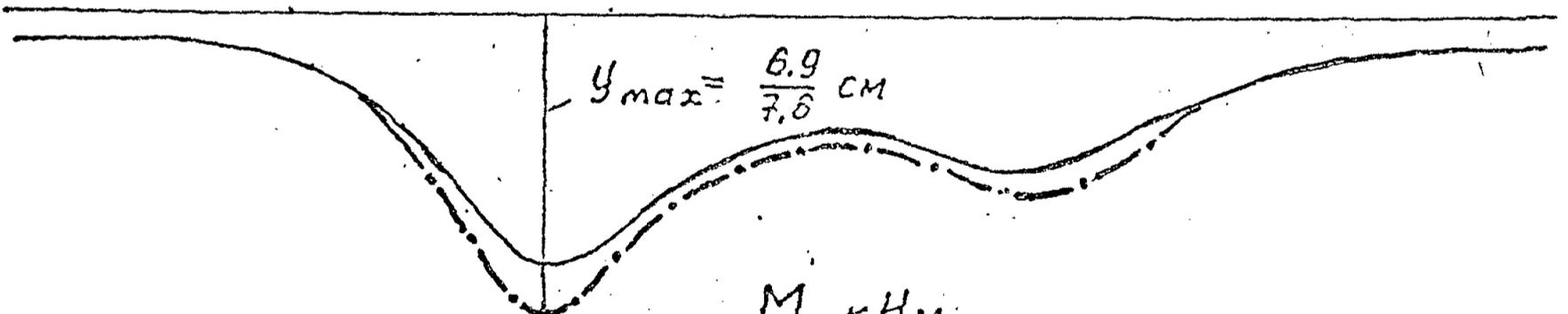
Схема 2

А
2100 кН

Г
1200 кН



У см



М кНм

$M_{max} = 481.4$

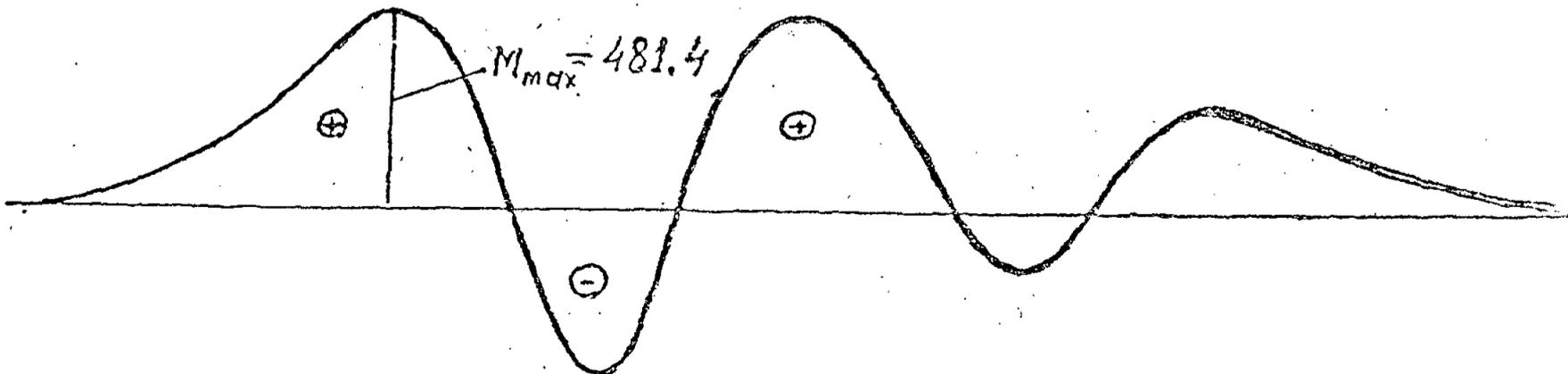


Рис. 6

Приложение 3
продолжение

$$y_{max}^{обц.} = 0,076 \text{ м}, \quad y_{max}^{упр.} = 0,063 \text{ м.}$$

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

Изгибающий момент растягивающий нижнюю грань балки

$$M_{расч.} = -m \cdot M_{max} = -1,25 \cdot 783,6 = -979,5 \text{ кНм}$$

Изгибающий момент растягивающий верхнюю грань балки.

$$M_{расч.} = +m \cdot M_{max} = 1,0 \cdot 481,4 = +481,4 \text{ кНм}$$

Определяем наибольший уклон рельсового пути.

$$i = \frac{y_{max}^{упр} - y^{упр}}{\Delta} < [i]$$

где $y_{max}^{упр}$ — наибольшая упругая осадка пути, м.

$y^{упр}$ — 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} кПа.

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

$$M_{max}^H = -300 \cdot 1,0 \cdot 45 \cdot 0,5 \cdot 0,45 = 30,4 \text{ кНм на } 1 \text{ пог.м.}$$

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

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

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

где $m = 1,25 - 0,35 \bar{R}$

$$\text{В соответствии с п. 1.3 определяем } \bar{R} = \frac{R}{[R]},$$

$$[R] = A \cdot B \cdot \gamma + B \cdot Q + D \cdot C = 890,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}.$$

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

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

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

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 нагружения $U_{необр} = 0,8 \text{ см}.$

После 30 проходов крана остаточные осадки составят

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

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

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

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

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

Содержание

	стр
1. Характеристики грунтового основания	2
2. Расчёт конструкций	5
3. Конструирование и подготовка основания	10
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 / обязательное /	
Нормативные характеристики грунтового основания, образованного при строительстве	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 / рекомендуемое /	
Примеры расчёта сборных конструкций балок, выполненных по комбинированной модели основания	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 / справочное /	
Пример расчёта . Определение усилий в балках и деформации	38