

**МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР  
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ГОРНОЙ МЕХАНИКИ им. М. М. ФЕДОРОВА**

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЖЕСТКИХ  
АРМИРОВОК ВЕРТИКАЛЬНЫХ  
СТВОЛОВ ШАХТ**

**ДОНЕЦК 1985**

Министерство угольной промышленности СССР  
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ  
МЕХАНИКИ им.М.М.ФЕДОРОВА

УТВЕРЖДАЮ:

Первый заместитель Министра уголь-  
ной промышленности СССР



В.Д.Никитин

" марта

1983г

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЖЕСТКИХ АРМИРОВОК  
ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТЕЛОЛОВ ШАХТ

МЕТОДИКА РАЗРАБОТАНА

ВСЕОБЩИМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ИНСТИТУТОМ ГОРНОЙ МЕХАНИКИ  
ИМ. М.М.ФЕДОРОВА

Директор института, к.т.н.

*Г.И. Селицкий*  
Г.И. СЕЛИЦКИЙ

Зам.директора по научной  
работе, научный руководи-  
тель работы, к.т.н.

*В.И. Дворников*  
В.И. ДВОРНИКОВ

Зав.лабораторией оборудо-  
вания шахтного подъема,  
руководитель темы, к.т.н.

*А.И. Соломенцев*  
15/11/82  
А.И. СОЛОМЕНЦЕВ

Ответственный исполнитель,  
с.в.с.

*В.К. Куриленко*  
15.11.82  
В.К. КУРИЛЕНКО

Работа выполнена на основании приказа Министра угольной  
промышленности СССР № 333 от 04.07.80г.

# СО Д Е Р Ж А Н И Е

3.

	Стр.
В В Е Д Е Н И Е . . . . .	5
1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ . . . . .	8
2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ . . . . .	12
3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ АРМИРОВКИ. . . . .	18
4. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ ДВИЖУЩЕГОСЯ ПОДЪЕМНОГО СОСУДА. . . . .	36
5. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ШАХТНО-ГО СТВОЛА . . . . .	39
5.1. Исходные данные для расчета. . . . .	39
5.2. Предварительный выбор основных параметров армировки..	40
5.3. Жесткостные характеристики расстрельных балок . . . .	45
5.3.1. Дюбовая жесткость . . . . .	45
5.3.2. Боковая жесткость . . . . .	52
5.3.3. Жесткость расстрелов при диагональном расположении проводников относительно подъемных сосудов..	54
5.4. Инерционные характеристики груженых подъемных сосудов . . . . .	55
5.4.1. Скипы . . . . .	55
5.4.2. Клетки . . . . .	64
5.4.3. Подъемные сосуды с диагональным расположением проводников. . . . .	71
5.5. Жесткостные характеристики подъемных сосудов. . . . .	72
5.5.1. Скипы. . . . .	72
5.5.2. Клетки . . . . .	73
5.5.3. Подъемные сосуды с диагональным расположением проводников. . . . .	74
5.6. Проверочный расчет параметров армировки по условию динамической устойчивости движения подъемного сосуда..	74
5.6.1. Система "сосуд-армирование" с двухсторонним расположением проводников относительно сосуда. . . . .	74

5.6.2. Система "сосуд-армировка" с односторонним расположением проводников относительно сосуда. . . . .	83
5.7. Расчет элементов армировки на горизонтальные и вертикальные нагрузки. . . . .	87
5.7.1. Горизонтальные нагрузки. . . . .	87
5.7.2. Вертикальные нагрузки. . . . .	94
5.8. Расчет глубины заделки концов расстрельных балок в крепь ствола. . . . .	94
5.8.1. Консольные расстрелы. . . . .	95
5.8.2. Расстрельные балки, закрепленные с обоих концов. . . . .	99
5.8.3. Упоры и расстрелы с упором. . . . .	100
5.9. Жесткостные характеристики упругих роликовых направляющих устройств подъемного сосуда. . . . .	101
Приложение 1. НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ. . . . .	102
Приложение 2. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВКИ УГОЛЬНОГО СКИПОВОГО ПОДЪЕМА ПРИ ДВУХСТОРОННЕМ ВОКОВОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПРОВОДНИКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО СОСУДА..	104
Приложение 3. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВКИ КЛЕТЕВОГО ПОДЪЕМА ПРИ ДИАГОНАЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПРОВОДНИКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО СОСУДА. . . . .	131
Приложение 4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ, ЖЕСТКОСТНЫЕ И ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛЕТЕЙ. . . . .	146
Приложение 5. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ, ЖЕСТКОСТНЫЕ И ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ СКИПОВ С СЕКТОРНЫМ ЗАТВОРОМ И НЕПОДВИЖНЫМ ЛОТКОМ. . . . .	151
Приложение 6. ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛОК КОНЦОВ РАССТРЕЛЬНЫХ БАЛОК В КРЕПЬ СТВОЛА. . . . .	155
Приложение 7. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОФИЛЕЙ РАССТРЕЛЬНЫХ БАЛОК И ПРОВОДНИКОВ. . . . .	167

## ВВЕДЕНИЕ

Производительность предприятий по добыче полезных ископаемых подземным способом неразрывно связана с пропускной способностью их подъемных установок, надежность и безопасность эксплуатации которых в современных условиях интенсивного производства должна обеспечиваться, прежде всего, правильным расчетом и проектированием всех компонентов подъемного комплекса, в том числе и армировки ствола.

Во Всесоюзном научно-исследовательском институте горной механики им.М.М.Федорова (бывший Институт горной механики и технической кибернетики им.М.М.Федорова) коллективом авторов в составе д.т.н., проф.Н.Г.Гаркуши, к.т.н. В.И.Дворнико, к.т.н. А.П.Ветрова и к.т.н. Н.И.Шилинговского на основании обширных теоретических и экспериментальных исследований, а также опыта реконструкции подъемных установок шахт Довласса были разработаны "Временные указания по проектированию и расчету жестких армировок вертикальных стволов шахт", содержащие методику расчета основных параметров армировки по условиям устойчивости движения подъемного сосуда в зависимости от его конструктивных особенностей, скорости и грузоподъемности.

В 1968г. "Временные указания..." были утверждены Минуглепромом СССР и введены в действие в качестве нормативно-технического документа.

В связи с появлением новых прогрессивных схем армировок, необходимостью их расчета и внедрения в промышленности, а также решением ряда вопросов, которые не были или были недостаточно полно освещены по "Временных указаниях...", появилась необходимость в их корректировке.

Во ВНИИГМ им.М.М.Федорова в порядке выполнения приказа

Министра угольной промышленности СССР № 333 от 04.07.80г. и темы 0710507000 "Скорректировать действующие "Временные указания по проектированию и расчету жестких армировок вертикальных стволов шахт" разработана "Методика расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт", которая является переработанной и дополненной редакцией "Временных указаний...". При этом были учтены предложения научно-исследовательских и проектных организаций, опыт эксплуатации подъемных установок, результаты проведенных в последние годы теоретических исследований.

В новую редакцию методики внесены изменения и дополнения, касающиеся конструктивных особенностей системы "сосуд-армировка" и расчетов:

- армировок с консольными (одинарными и П-образными) расстрелами, а также с проводниками, диагонально расположенными относительно подъемного сосуда;
- инерциальных и жесткостных характеристик скипов и клеток;
- элементов армировки на горизонтальные нагрузки;
- глубины заделок концов расстрельных балок;
- жесткостных характеристик упругих роликовых направляющих устройств.

В разработке и подготовке отдельных разделов принимали участие: инж. В.К.Куриленко (разделы 1,2,3,4, п.п. 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5.1, 5.5.3, 5.7, 5.8, прил. 2, 3, 4, 5, общал редакции); инж. В.М.Кладов (пп. 5.3, 5.4, 5.8, прил. 4, 5, 6, 7); к.т.н., с.н.с. П.И.Мавроди (п.5.8, прил.6); инж. Е.И.Паскута (п.5.5.2); инж. Н.В.Чирков (п.5.9).

Настоящая методика предназначена для определения основных параметров системы "сосуд-армировка" проектируемых и проверки

работоспособности действующих и реконструируемых подъемных установок угольных и горнорудных шахт по их исходным техническим характеристикам и применима для всех видов проводников, расстрелов и подъемных сосупов (противовесов) с направляющими устройствами скольжения или качения. Она является обязательным руководящим материалом при проектировании, строительстве и эксплуатации жестких армировок вертикальных стволов шахт.

"Методика расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт" согласована с институтами ВНИИОМШС, "Центрогипрошахт", "Южгипрошахт" и "Ростовгипрошахт".

С введением в действие настоящей "Методики..." утрачивают силу "Временные указания по проектированию и расчету жестких армировок вертикальных стволов шахт", утвержденные Минуглепромом СССР в 1968 году.



## I. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- $A$ , м - расстояние от горизонтальной плоскости, проходящей через центр масс груженого подъемного сосуда, до его нижних жестких направляющих устройств (рабочих или предохранительных);
- $A_0$ , м - большее расстояние по оси расстрела от крепи ствола до проводника;
- $a_i, a_j$ , м - расстояния по оси расстрела от крепи ствола до  $i$ -той или  $j$ -ой связи;
- $B$ , м - расстояние от горизонтальной плоскости, проходящей через центр масс груженого подъемного сосуда, до его верхних жестких направляющих устройств (рабочих или предохранительных);
- $C_0^{A(\delta)} \cdot \frac{H}{M}$  - лобовая (боковая) жесткость расстрела в месте крепления проводника;
- $C_c^{A(\delta)} \cdot \frac{H}{M}$  - лобовая (боковая) жесткость подъемного сосуда;
- $\gamma^{A(\delta)}$  - коэффициент относительной жесткости армировки в лобовом (боковом) направлении;
- $\Delta_j \cdot \frac{H}{M}$  - податливость  $j$ -ой связи;
- $\frac{\Delta}{\delta}$  - относительное искривление проводника;
- $\delta$ , м - зазор на сторону между рабочими поверхностями проводника и жестких направляющих устройств подъемного сосуда;
- $\delta_{ij} \cdot \frac{M}{H}$  - коэффициент влияния (перемещение в  $i$ -ом сечении расстрела под действием единичной силы, приложенной в точке  $j$  без учета связей);
- $E$ , МПа - модуль продольной упругости материала;

- $e$  — эксцентриситет центра масс подъемного сосуда (характеристика несимметричности расположения жестких рабочих или предохранительных направляющих относительно центра масс груженого сосуда по вертикали);
- $F, \text{м}^2$  — площадь поперечного сечения расстрельной бадки;
- $f, \text{м}$  — прогиб проводника;  
— безразмерная функция жесткости проводника;
- $h, \text{м}$  — шаг армировки (расстояние между ярусами расстрелов);
- $J_y, \text{кг} \cdot \text{м}^2$  — момент инерции груженого подъемного сосуда относительно его центральной горизонтальной оси, параллельной продольной оси сосуда;
- $J_\varphi, \text{кг} \cdot \text{м}^2$  — момент инерции груженого подъемного сосуда относительно его центральной горизонтальной оси, перпендикулярной продольной оси сосуда;
- $J_z, \text{кг} \cdot \text{м}^2$  — момент инерции груженого подъемного сосуда относительно его центральной вертикальной оси;
- $J_z, \text{м}^4$  — момент инерции поперечного сечения расстрельной бадки относительно ее центральной вертикальной оси;
- $J^{(\delta)}, \text{м}^4$  — момент инерции поперечного сечения проводника в лобовом (боковом) направлении;
- $J_{pm}^{(\delta)}, \text{м}^4$  — момент инерции поперечного сечения вертикальной стойки рамы скипа в лобовом (боковом) направлении;
- $J_{cm}^{(\delta)}, \text{м}^4$  — усредненный момент инерции поперечных сечений стоек металлоконструкций клетки в лобовом (боковом) направлении;
- $k$  — коэффициент, учитывающий влияние условия закрепления расстрела к крейду ствола на его жесткостные характеристики;

- $K^{(B)}$  - действительный запас устойчивости движения подъемного сосуда по отношению к лобовым (боковым) колебаниям (отношение критического значения интенсивности подъема  $(mV^2)_{кр}$  к ее действительному значению);
- $[K^{(B)}]$  - допустимый запас устойчивости движения подъемного сосуда по отношению к лобовым (боковым) колебаниям (отношение критического значения интенсивности подъема  $(mV^2)_{кр}$  к ее предельно допустимому значению  $[mV^2]$ );
- $\lambda_p^2$  - мультипликатор частоты поворотных лобовых колебаний (отношение частоты поворотных колебаний сосуда вокруг оси  $X$  к частоте колебаний его центра масс по оси  $Y$ );
- $\lambda_{\psi}^2$  - мультипликатор частоты поворотных боковых колебаний (отношение частоты поворотных колебаний сосуда вокруг оси  $Y$  к частоте колебаний его центра масс по оси  $X$ );
- $\lambda_{\theta}^2$  - мультипликатор частоты поворотных колебаний в горизонтальной плоскости (отношение частоты поворотных колебаний сосуда вокруг оси  $Z$  к частоте колебаний его центра масс по оси  $X$ );
- $\lambda_1^2, \lambda_2^2$  - мультипликаторы частот поворотных колебаний для сосудов с односторонним расположением проводников;
- $L, м$  - расстояние по вертикали между нижними и верхними жесткими направляющими устройствами (рабочими или предохранительными) подъемного сосуда;
- $m, кг$  - масса груженого подъемного сосуда;
- $m_0, кг$  - масса порожнего подъемного сосуда;
- $(mV^2), \frac{кг \cdot м^2}{с^2}$  - интенсивность подъемной установки;
- $M_p^{(B)}, Н \cdot м$  - изгибающий момент в сечении проводника под силой в лобовом (боковом) направлении;

## II.

- $M^{(\delta)}$  - параметр демультипликационного резонанса, обозначающий отношение средней собственной частоты колебаний центра масс сосуда по оси  $Y$  ( $X$ ) к частоте встречи расстрелов на границе области параметрического резонанса и определяющий  $(\pi V^2)_{\text{нр}}$  лобовых (боковых) колебаний;
- $\xi_i$  - координаты точки приложения силы к проводнику на пролете между ярусами;
- $P^{(\delta)}, \text{H}$  - горизонтальная нагрузка, возникающая при взаимодействии движущегося подъемного сосуда с проводниками жесткой армировки в лобовом (боковом) направлении;
- $Q^{(\delta)}, \text{H}$  - горизонтальная перерезывающая сила на опоре проводника в лобовом (боковом) направлении;
- $\rho^{(\delta)}$  - обобщенный мультипликатор частот лобовых (боковых) колебаний сосуда (множитель, учитывающий влияние совокупных факторов многомерности движения подъемного сосуда на положение границы области параметрического резонанса);
- $S, \text{м}$  - ширина колеи (расстояние между проводниками подъемного сосуда);
- $\sigma_x^{(\delta)}, \sigma_y^{(\delta)}$  - обобщенные безразмерные параметры лобовой (боковой) жесткости армировки;
- $\sigma_{\text{с}}, \text{МПа}$  - расчетное напряжение бетона на растяжение для предельных состояний I группы;
- $\sigma_{\text{к}}, \text{МПа}$  - напряжение изгиба проводника;
- $t, \text{м}$  - глубина заделки расстрела (упора) в крепь ствола;
- $\tau, \frac{\text{МПа}}{\text{м}}$  - коэффициент постели материала крепи ствола;
- $V, \frac{\text{м}}{\text{с}}$  - максимальная скорость движения подъемного сосуда;
- $W^{(\delta)}, \text{м}^3$  - момент сопротивления сечения проводника в лобовом (боковом) направлении.

## 2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. В настоящей методике рассматривается динамическая система "движущийся подъемный сосуд - жесткая армировка вертикального ствола шахты".

2.2. Армировка служит для обеспечения направленного движения подъемных сосудов (противовесов) при заданных режимах работы подъемной установки и крепления различных коммуникаций в стволе.

Конструктивно жесткая армировка представляет собой пространственную стержневую систему, состоящую из горизонтальных балок (расстрелов) и закрепленных на них вертикально расположенных проводников.

Расстрелы, лежащие в одной горизонтальной плоскости и соприкоснувшиеся между собой и с крепью ствола, образуют ярус.

Плоскости ярусов отстоят друг от друга по вертикали на некотором расстоянии, называемом шагом армировки.

Геометрические и конструктивные особенности яруса, профили проводников и расстрелов, шаг армировки являются основными характеристиками жесткой армировки.

Проводники, в которых осуществляется вертикальное перемещение подъемных сосудов, представляют собой непрерывные плети, состоящие из отдельных звеньев, соединенных между собой.

Проводники, расположенные на одном расстреле и скрепленные на ярусе конструктивно общим узлом, называются парными.

В зависимости от расположения относительно подъемного сосуда проводники подразделяются на двусторонние - лобовые и боковые, односторонние и диагональные.

При двустороннем лобовом, одностороннем и диагональном расположении проводников конструкции армировок имеют малую метал-

лоемкость, а сосуды — сравнительно малые амплитуды поворотных колебаний вокруг вертикальной оси, что повышает безопасность их эксплуатации.

2.3. Размеры ствола в плане, имеющего, как правило, круглое сечение, определяются размерами и количеством размещаемых в нем подъемных сосудов и коммуникаций, нормами на зазоры между сосудами и элементами армировки и крепи ствола, а также аэродинамическими характеристиками.

2.4. Основным видом подъемных сосудов для выдачи горной массы на поверхность являются скипы.

Скипы по назначению подразделяются на угольные и породные.

Горная масса транспортируется в кузове скипа, подвижно или неподвижно закрепленном на несущей конструкции — раме, к которой присоединяется с помощью подвесных устройств подъемные и уравновешивающие канаты.

По способу разгрузки различают скипы с неподвижным, отклоняющимся и опрокидным кузовом.

Скипы с неподвижным кузовом обладают хорошими эксплуатационными показателями. Они получили наибольшее распространение в угольной промышленности.

Скипы, у которых нет оплошных обвязочных поясов, а вертикальные стойки рамы являются основными несущими элементами, в дальнейшем будем называть рамными. У них кузов не оказывает существенного влияния на изгибную жесткость скипа. К рамным скипам относятся также скипы с отклоняющимся и опрокидным кузовом.

Скипы, у которых оплошные обвязочные пояса вместе с рамой образуют единую несущую конструкцию, определяющую изгибную жесткость скипа, будем в дальнейшем называть каркасными. Они

Имеют повышенные показатели изгибной жесткости, что является немаловажным достоинством особенно для подъемных установок большой интенсивности.

Предпочтительным вариантом подвешенного устройства для подъемных канатов является устройство с одним рабочим присоединительным звеном, допускающим возможность совмещения приведенной оси подвески с центральной вертикальной осью скипа при окончательной его сборке и навеске в стволе.

2.5. Спуск и подъем людей, горной массы, различных материалов и горного оборудования осуществляется с помощью клетей.

Клети по конструктивному исполнению подразделяются на опрокидные и неопрокидные, а по технологии изготовления — на клепаемые и сварные.

Неопрокидные клетки бывают одно- и многоэтажные. В отечественной практике, как правило, применяются клетки не более чем с двумя этажами.

Конструкция неопрокидной клетки представляет собой стальной каркас, обшитый листовой сталью и состоящий из нескольких горизонтальных поясов, соединенных между собой вертикальными стойками и раскосами.

Металлоконструкция опрокидной клетки состоит из вертикальной рамы с нижним несущим поясом и опрокидывающейся платформы, на которой размещается вагонетка.

2.6. Связь между движущимся подъемным сосудом и проводниками жесткой армировки осуществляется с помощью направляющих устройств различных конструкций.

По характеру кинематического взаимодействия различают направляющие скольжения и направляющие качения, а по характеру динамического взаимодействия — жесткие и упругие. В зависимости

от вида и расположения проводников направляющие скольжения бывают открытого и полузакрытого типа. Иногда для деревянных проводников применяют непрерывные по всей длине подъемного сосуда корытообразные направляющие.

По назначению направляющие устройства подразделяются на:

- рабочие, обеспечивающие направленное движение подъемного сосуда в нормальном рабочем режиме по основным проводникам;

- предохранительные - жесткие направляющие скольжения, устанавливаемые на подъемных сосудах в сочетании с рабочими упругими направляющими качения и предназначенные для ограничения поперечных колебаний сосуда и обеспечения безопасности на случай выхода из строя рабочих направляющих;

- дополнительные, располагаемые в промежутке между рабочими направляющими устройствами;

- вспомогательные, устанавливаемые в сочетании с рабочими и предназначенные для осуществления направленного движения сосуда во вспомогательных проводниках.

2.7. Работоспособность подъемных установок во многом определяется параметрами и состоянием системы "сосуд-армировка".

Горизонтальные нагрузки, действующие в системе, обусловлены взаимодействием движущегося подъемного сосуда с проводниками армировки ствола и являются динамическими. Они возникают вследствие:

- строительного-монтажных несовершенств конструкции армировки, заключающихся, в основном, в непрямолинейности рабочих поверхностей проводников, возмущающих прямолинейное движение подъемного сосуда;

- параметрических колебаний сосуда при его движении с постоянной скоростью в проводниках с периодически изменяющейся поперечной жесткостью.



Первая причина устранима либо может быть сведена к минимуму путем соблюдения требуемых нормативов и соответствующего качества технологии и организации строительного-монтажных работ в стволе.

Нагрузки, возникающие по второй причине, обусловлены сложным колебательным процессом, развивающимся в пространственной системе и зависящим от параметров подъема, конструктивных особенностей армировки и сосуда, а также закона изменения поперечной жесткости проводников от яруса к ярусу, который, вследствие постоянного шага армировки, определяет периодический характер действия восстанавливающих сил со стороны проводника на движущийся с равномерной скоростью подъемный сосуд.

Вторая причина не может быть устранена путем каких-либо организационных мероприятий, а требует рационального проектирования системы в целом.

Таким образом, нормальная эксплуатация системы "сосуд-армировка" может быть обеспечена, в первую очередь, определяемым при проектировании правильным сочетанием ее конструктивных параметров с рабочими режимами, а затем уже должным качеством исполнения.

Тип проводника (его изгибные свойства), характеристики жесткости яруса, шаг армировки и интенсивность подъема ( $m\dot{v}^2$ ) являются основными параметрами системы "сосуд-армировка". Существенное влияние на ее работоспособность оказывают инерциальные и жесткостные характеристики подъемного сосуда, расположение направляющих устройств относительно его центра масс и т.д.

2.8. Исследование колебательных процессов, происходящих в системе "сосуд-армировка", показали, что возможны три принципиально различных режима работы подъемной установки: дорезонанс-

ный, резонансный и зарезонансный. Единственно приемлемым в настоящее время является дорезонансный режим работы с некоторым удалением от границы резонансной области, определяемым допустимым запасом устойчивости.

2.9. В настоящей методике рассмотрены вопросы расчета и проектирования жестких армировок вертикальных стволов шахт, обеспечивающих нормальную работу подъемных установок.

### 3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ АРМИРОВКИ

3.1. Армирование вертикальных стволов шахт следует производить в соответствии с проектом армировки и проектом организации работ при соблюдении требований СНиП Ш-III-77 "Подземные горные выработки. Правила производства и приемки работ", "Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах" и "Правил технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт".

При расчете и проектировании армировки необходимо учитывать также требования СНиП П-13.3-72 "Стальные конструкции. Нормы проектирования", СНиП П-21-75 "Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования" и СНиП П-25-80 "Деревянные конструкции. Нормы проектирования".

Изготовление отдельных элементов и деталей армировки должно производиться, как правило, централизованно.

3.2. Расчет системы "сосуд-армировка" выполняется по условию динамической устойчивости движения подъемного сосуда в проводниках жесткой армировки с последующей проверкой ее элементов на горизонтальные нагрузки, возникающие при взаимодействии армировки с движущимся подъемным сосудом, и на вертикальные нагрузки от собственной массы конструкции армировки.

3.3. Исходными данными для расчета параметров системы "сосуд-армировка" являются:

- схема яруса;
- эксплуатационные характеристики подъемной установки (масса и скорость движения грузеного подъемного сосуда);
- характеристики грузеного подъемного сосуда (масса, центральные моменты инерции, расположение центра масс, изгибная жесткость);

- тип направляющих устройств и их расположение на сосуде.

Инерционные характеристики подъемного сосуда определяются расчетом из условия его загрузки тем наиболее тяжелым материалом, для нормального подъема которого предназначен сосуд.

3.4. Для обеспечения наиболее благоприятного динамического режима взаимодействия сосуда с армировкой необходимо, чтобы расстояния  $A$  и  $B$  от горизонтальной плоскости, проходящей через центр масс грузенного сосуда, до его нижних и верхних жестких направляющих (рабочих или предохранительных), а также расстояние по вертикали  $L$  между ними по отношению к шагу армировки  $h$  по возможности удовлетворяли условиям:

$$e = \left| \frac{A-B}{A+B} \right| \leq 0,1 \quad \text{и} \quad \left| \frac{L}{h} - n \right| \leq 0,2,$$

где  $n$  - ближайшее к отношению  $\frac{L}{h}$  целое число.

### 3.5. Материалы.

3.5.1. Для изготовления расстрелов и проводников жесткой армировки применяются в основном двутавры, швеллеры, сварные коробчатые балки, железнодорожные рельсы, деревянные брусья прямоугольного сечения из водостойких пород дерева или специально обработанной древесины.

Перспективным является применение специальных  $C_1$  или  $\Pi$ -образных профилей проката, толстостенных труб прямоугольного и круглого сечения.

3.5.2. Материалы и технология изготовления сварных коробчатых проводников и расстрелов должны соответствовать требованиям, предъявляемым к металлоконструкциям, подверженным в эксплуатации вибродинамическим нагрузкам.

3.5.3. Сварные металлические элементы армировки должны изготавливаться из углеродистой полупокойной стали обыкновенного качества класса С38/23 марки ВСТЗПС5 по ГОСТ380-71\* или из низколегированных сталей класса С 46/33, например, марки ЮХСНД или

ИХСНД по ГОСТ 19281-73, обладающих повышенными механическими свойствами и коррозионной стойкостью.

3.5.4. Крепь ствола выполняется из монолитного бетона, бетона, кирпича, чугунных или железобетонных тубингов, редко — из дерева.

3.5.5. Заделка концов расстрелов в лунках крепи ствола должна осуществляться бетоном марки не ниже 200.

### 3.6. Расстрелы.

3.6.1. Продольные оси всех расстрельных балок яруса должны лежать в одной горизонтальной плоскости. В случае различной высоты профилей расстрелов допускается размещение в одной плоскости их верхних или нижних горизонтальных граней.

Соединение расстрелов между собой накладкой одного на другой ("костром"), а также несимметричное крепление концов расстрелов к опорным элементам (одной гранью) не рекомендуется.

3.6.2. Расстрелы консольного типа (одинарные или П-образной формы) следует применять вместо обычных хордальных расстрелов в случае, если угол между осью последних и нормалью к крепи ствола в месте заделки превышает  $50^\circ$ . При этом расстояние от крепи ствола до проводника должно быть не более 500мм для одинарных и 700мм для П-образных расстрелов. Возможные конструкции консольных расстрелов приведены на рис.3.1 и рис.3.2.

3.6.3. Размеры сечения профилей расстрельных балок определяются расчетом.

Толщину стенок профилей стального проката, из которых изготавливаются расстрелы, следует принимать не менее 8 мм.

3.6.4. При изготовлении коробчатых расстрелов допускается сваривание встык их составных элементов (угольников, швеллеров) при условии, что каждый элемент не должен иметь более одного стыка при

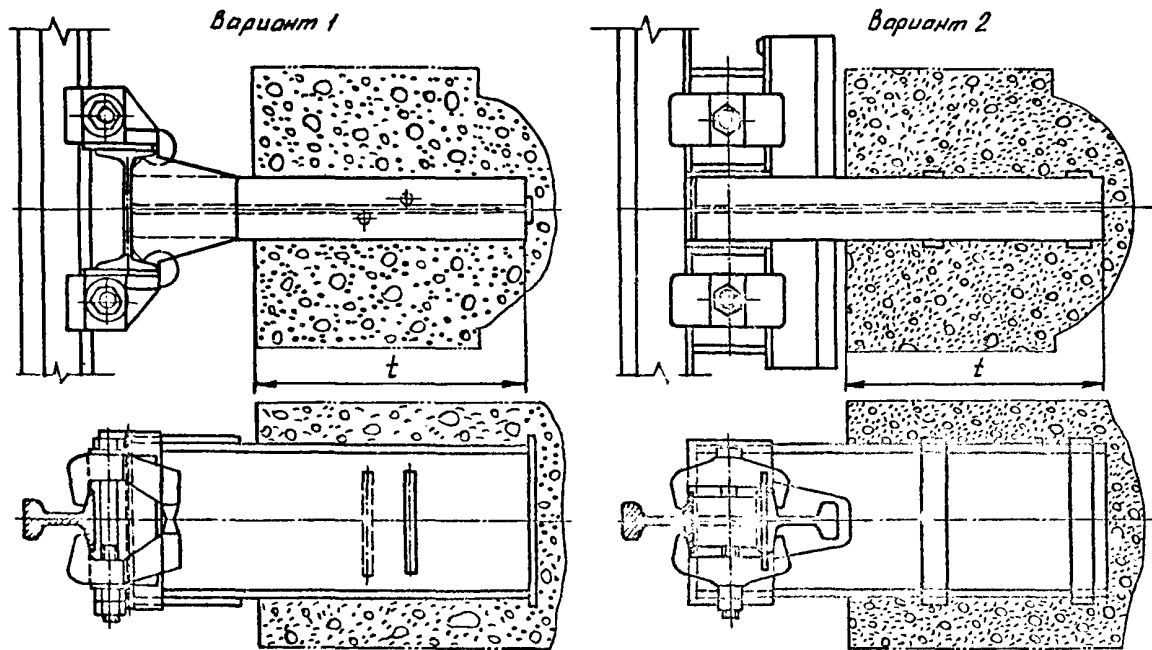


Рис.3.1. Конструкции бетонольных одинарных расстрелов

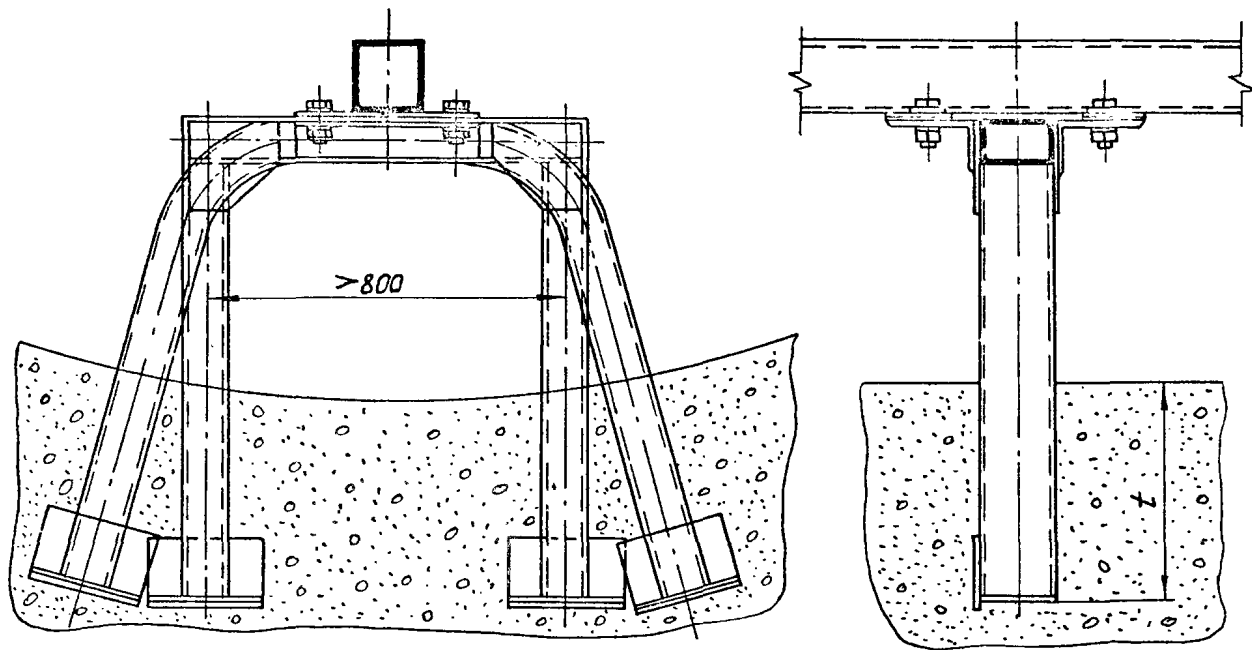


Рис. 3.2. Конструкции консольных П-образных расстрелов

расстоянии между стыками смежных элементов не менее 2 м. При этом стык должен располагаться в местах, доступных для визуального осмотра в металлоконструкции армировки, и не должен примыкать к элементам узлов крепления.

3.6.5. В местах приварки элементов конструкции коробчатого расстрела (накладок, угольников, кронштейнов и т.п.) сварные швы, соединяющие его составные угольники или швеллера, должны быть зачищены заподлицо с основным металлом.

3.6.6. Изготовление элементов конструкции яруса осуществляется при помощи специальных кондукторов или шаблонов.

Перед спуском в ствол каждый ярус должен пройти контрольную сборку-проверку (при помощи ярус-шаблона) и все его элементы должны быть соответственно промаркированы.

3.6.7. Крепление расстрелов в зависимости от схемы яруса, вида крепи ствола осуществляется либо путем заделывания одного или обоих его концов в лунки крепи ствола на определенную расчетную глубину, либо с помощью болтовых соединений. Применяется также анкерное крепление расстрелов.

3.6.8. Глубина лунки должна превышать длину заделываемого конца расстрела не менее чем на 100мм, при этом для стволов с толщиной крепи меньшей, чем расчетная глубина заделки расстрела, бетонирование лунок должно обеспечивать надежное опирание расстрела на крепь ствола и прилегающие породы.

3.6.9. Применение конструкций креплений проводников, трубопроводов и т.п., нарушающих целостность расстрельных балок (например, врезные лежки), не допускается.

3.6.10. Приварные анкерные зацепы на концах расстрельных балок следует устанавливать только с одной стороны.



3.6.11. Расстрелы лестничного отделения необходимо проверять расчетом на вертикальные нагрузки (в пересчете на один шаг армировки), состоящие из:

- собственной массы полка с лестницей;
- временной нагрузки - 2000 Па (200 кг/м<sup>2</sup>);
- массы панели ограждения.

### 3.7. Проводники.

3.7.1. Каждое звено проводника должно быть закреплено на расстрелах не менее чем в трех точках.

3.7.2. Конструкция крепления проводника должна обеспечивать фиксацию его от смещения вдоль расстрела на каждом ярусе.

3.7.3. Стыки проводников необходимо располагать на ярусах.

Допускается при соответствующем обосновании расположение стыков в пролете между ярусами. При этом конструкция стыка проводника должна обеспечивать жесткую связь с парным ему проводником. Для одинарных (обособленных) рабочих проводников необходимо в пролете между ярусами, где располагается стык, дополнительно устанавливать ложные проводники длиной не менее шага армировки.

Примеры конструкций стыков, располагаемых в пролете между ярусами, показаны на рис.3.3.

3.7.4. Стыки парных проводников, а также проводников, предназначенных для направления движения одного сосуда, не должны лежать в плоскости одного яруса.

На участках расположения станков копров и сопряжений с горизонтальными выработками выполнение указанного требования не обязательно.

3.7.5. При монтаже металлических проводников следует учитывать, что максимальный зазор в стыке звеньев при наименьшей температуре в стволе не должен превышать 6мм. Чтобы обеспечить указанный

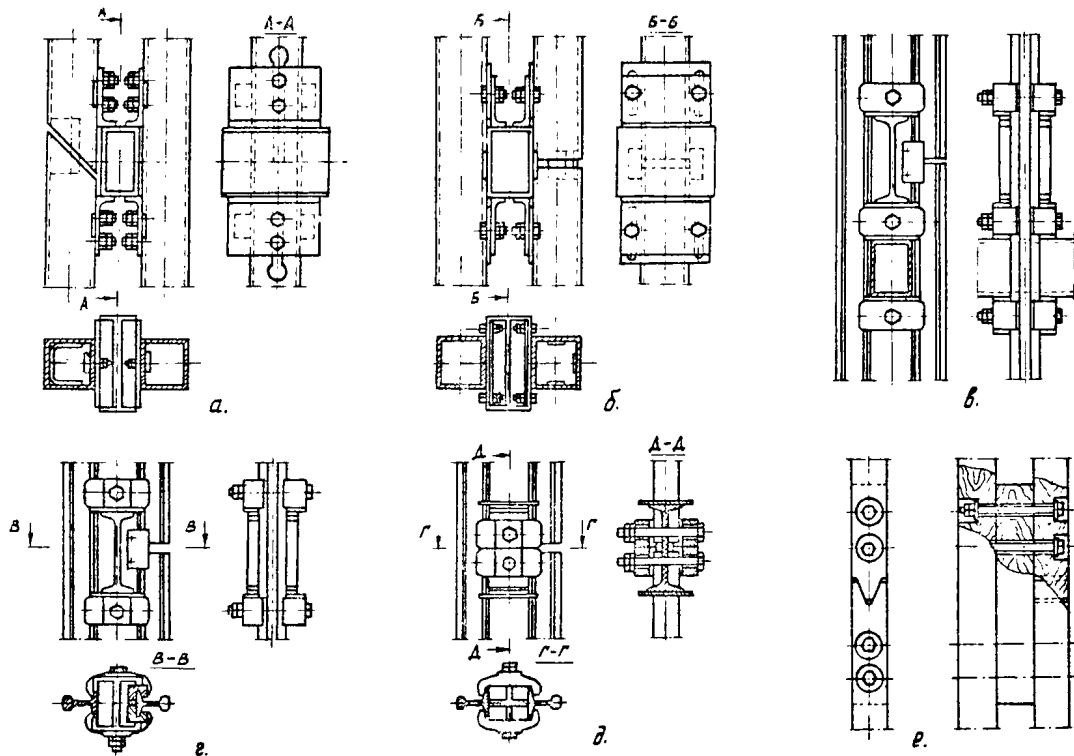


Рис.3.3. Конструкция расположенных на пролете между ярусами стыков проводников: а,б - коробчатых; в,г,д - рельсовых;е-деревянных

зазор, необходимо учитывать максимальный перепад температуры при монтаже и в условиях эксплуатации с учетом коэффициента температурного расширения материала проводников (в проекте об этом должно быть соответствующее примечание).

Установка между звеньями проводников жестких дистанционных прокладок не допускается.

3.7.6. При соблюдении всех существующих норм на монтажные отклонения армировка может быть принята в эксплуатацию, если относительные смещения рабочих поверхностей проводников, измеряемые в горизонтальной плоскости на двух смежных ярусах, не будут превышать 5мм для металлических и 7мм для деревянных проводников.

### 3.7.7. Рельсовые проводники.

Применяются для направления движения подъемных сосудов всех видов.

3.7.7.1. Крепление рельсовых проводников к расстрелам осуществляется зажимными скобами с болтами диаметром не менее 30мм. Скобы устанавливаются непосредственно над и под расстрелом.

Уклонные рабочие поверхности скоб должны быть обработаны механическим способом. При обеспечении требуемой точности по согласованию с проектной организацией допускается изготовление скоб без механической обработки.

3.7.7.2. Одинарные рабочие проводники крепятся к расстрелам двусторонними скобами при помощи контррельсов – коротышей (ложных проводников) или односторонними скобами типа СОД. В отдельных случаях ложные проводники могут быть сплошными. Для этого можно использовать старые рабочие проводники, снятые при замене их новыми.

Для предупреждения падения ложных проводников-коротышей в ствол при монтажных и ремонтных работах разрешается приварка к ним ограничительных планок над верхней скобой.

Срезание головок рельсов-коротышей не рекомендуется.

3.7.7.3. Применение различных средств предохранения окоб от оползания (подвески, крючья, планки) не допускается.

3.7.7.4. Применение электросварки на рабочих рельсовых проводниках запрещается.

3.7.7.5. Для фиксации рельсового проводника относительно расстрела к последнему сверху и снизу привариваются накладки из листа толщиной не менее 12мм, в которых имеются выемки ("лежки") для размещения подошвы рельса. Первоначальный суммарный зазор между боковой гранью лежки и подошвой рельса не должен превышать 4мм. При увеличении указанного зазора в эксплуатации до 7мм накладка подлежит реставрации или замене.

Прочие отклонения в размерах накладки должны соответствовать допускам согласно рис.3.4., где размер А означает номинальный размер ширины подошвы рельса.

3.7.7.6. Взаимное фиксирование концов звеньев проводников на ярусе должно осуществляться при помощи стыковых схватов, которые размещаются в пространстве между расстрелом и проводником и закрепляют концы рельсов за подошву.

При расстрелах прямоугольного профиля стыковку звеньев парных проводников или одинарного проводника, установленного в паре со сплошным ложным, допускается производить с помощью трех двухсторонних зажимных скоб, из которых две с накладной лежкой между ними расположены непосредственно над расстрелом, а третья — под ним. При этом стык проводника должен находиться примерно на уровне середины окобы, лежащей на расстреле (рис.3.5).

Фиксацию концов звеньев проводников по задней и боковой поверхностям подошвы рельса на расстреле прямоугольного профиля можно также обеспечить с помощью специальных П-образных упоров, расположенных в зазоре между подошвой проводника и расстрелом и закрепленных на боковой стенке последнего.

✓ (✓)

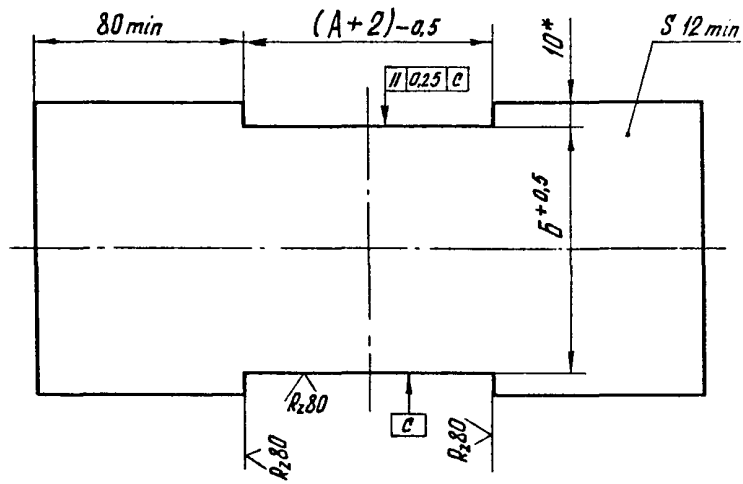
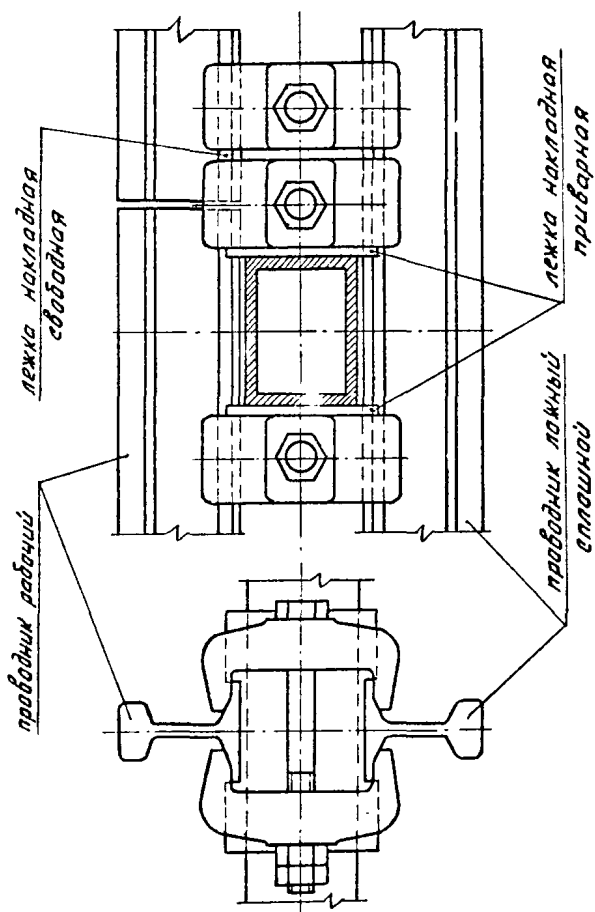


Рис. 3.4. Накладная расстрельная лежка для рельсовых проводников



**Рис. 3.5.** Конструкция стыка рельсового проводника на расстреле прямоугольного профиля

Установка в головках рельсов фиксировочных штифтов для стыковки звеньев проводников не рекомендуется.

3.7.7. Для направления подъемных сосудов по рельсовым проводникам применяются в качестве рабочих преимущественно жесткие или упругие направляющие скольжения.

Применение в качестве рабочих направляющих устройств одинарных стальных двухребордных роликов не рекомендуется.

3.7.8. Коробчатые проводники.

Применяются для направления движения подъемных сосудов всех видов, оборудованных направляющими устройствами качения в сочетании с жесткими предохранительными направляющими скольжения.

3.7.8.1. При изготовлении проводника допускается сваривание выток составных элементов (угольников, швеллеров) при условии, что звено проводника не должно иметь более одного стыка в одном из указанных элементов. При этом стык должен располагаться в местах, доступных для визуального осмотра в металлоконструкции армировки, и не должен примыкать к элементам узлов крепления.

В местах стыковки составных элементов грани проводника не должны иметь уступов более 0,3мм.

3.7.8.2. Наружные сварные швы должны быть зачищены заподлицо с рабочими гранями проводника.

3.7.8.3. Фаски на торцах рабочих поверхностей проводников выполнять обязательно.

3.7.8.4. При фланцевом креплении проводников и наличии боковых упоров, установленных по месту после регулировки положения проводника, применение фиксировочных болтов не обязательно.

3.7.8.5. Стыкуемые проводники должны иметь расположенные внутри их конструктивные элементы, предотвращающие смещение рабочих поверхностей сопрягаемых звеньев относительно друг друга.

Конструкция стыка должна обеспечить монтаж и демонтаж короб-

чатого проводника в любом месте ствола при полностью смонтированной армировке без газорезных и сварочных работ.

### 3.7.9. Деревянные проводники.

Применяются для направления движения подъемных сосудов всех видов, оборудованных направляющими устройствами скольжения или качения.

3.7.9.1. Узлы крепления проводника к расстрелам должны иметь конструктивные элементы, воспринимающие боковые нагрузки и разгружающие проходные болты от действия сдвигающих сил.

Головки и концы проходных болтов должны быть утоплены в тело проводника на глубину не менее его допустимого максимального износа.

3.7.9.2. Стыковку звеньев проводников рекомендуется осуществлять "в зуб", как показано на рис.3.3е.

3.7.9.3. В качестве направляющих скольжения подъемных сосудов, обеспечивающих более благоприятный динамический режим работы системы "сосуд-армировка", рекомендуется применять сплошные корытообразные направляющие.

Длина корытообразной направляющей  $l_{к.н.}$  определяется в зависимости от шага армировки  $h$  из условия  $l_{к.н.} > 2h$ . Для одноэтажных клетей при скоростях движения до 6м/с указанная длина может быть уменьшена до  $0,9h$ .

Направляющие с обоих концов должны иметь заходные уклоны.

На рабочих поверхностях направляющих не допускаются дефекты, приводящие к повышенному износу проводников.

При эксплуатации сосудов с корытообразными направляющими олеует предусматривать периодическое (раз в три-четыре месяца) покрытие рабочих поверхностей проводников жировой смазкой с графитным наполнителем.

Первоначальный зазор между рабочими поверхностями проводни-



ка и направляющей на сторону должен составлять 15мм, а первоначальная глубина зева направляющей – не менее половины высоты проводника, но не менее 70мм.

3.7.10. Армирование с лобовым расположением проводников относительно подъемного сосуда.

3.7.10.1. На клетевых подъемах с рабочими лобовыми проводниками на конечных участках ствола и на промежуточных горизонтах должны быть предусмотрены либо устройства, обеспечивающие загрузку-выгрузку клеток путем удаления (отвода, отклонения и т.п.) отрезков рабочих проводников на приемных площадках, либо системы вспомогательных (переходных) проводников, устанавливаемых на участке разрыва рабочих проводников.

Указанные устройства и системы вспомогательных проводников на промежуточных горизонтах должны обеспечить проход сосуда на максимальной рабочей скорости, если не требуется его остановка.

3.7.10.2. Одна из возможных схем установки системы вспомогательных проводников с основными конструктивными данными и допусками на монтаж рабочих и вспомогательных проводников (в горизонтальной плоскости) в пределах их взаимного перекрытия по вертикали на участке сжвзного переходного устройства приведена на рис.3.6.

На конечных участках ствола подобное устройство имеет соответственно только верхнюю или нижнюю часть сжвзного переходного устройства.

Концы всех жестких проводников в переходном устройстве должны иметь заходные уклоны. Уклон рабочих поверхностей проводника должен быть не более 1:30.

Утонение конца проводника на одну сторону в торце заходной части должно составлять не менее трети поперечного размера проводника в соответствующем направлении.

Свободная длина заходного участка проводника от его конца до места крепления к расстрелу не должна превышать 1м.

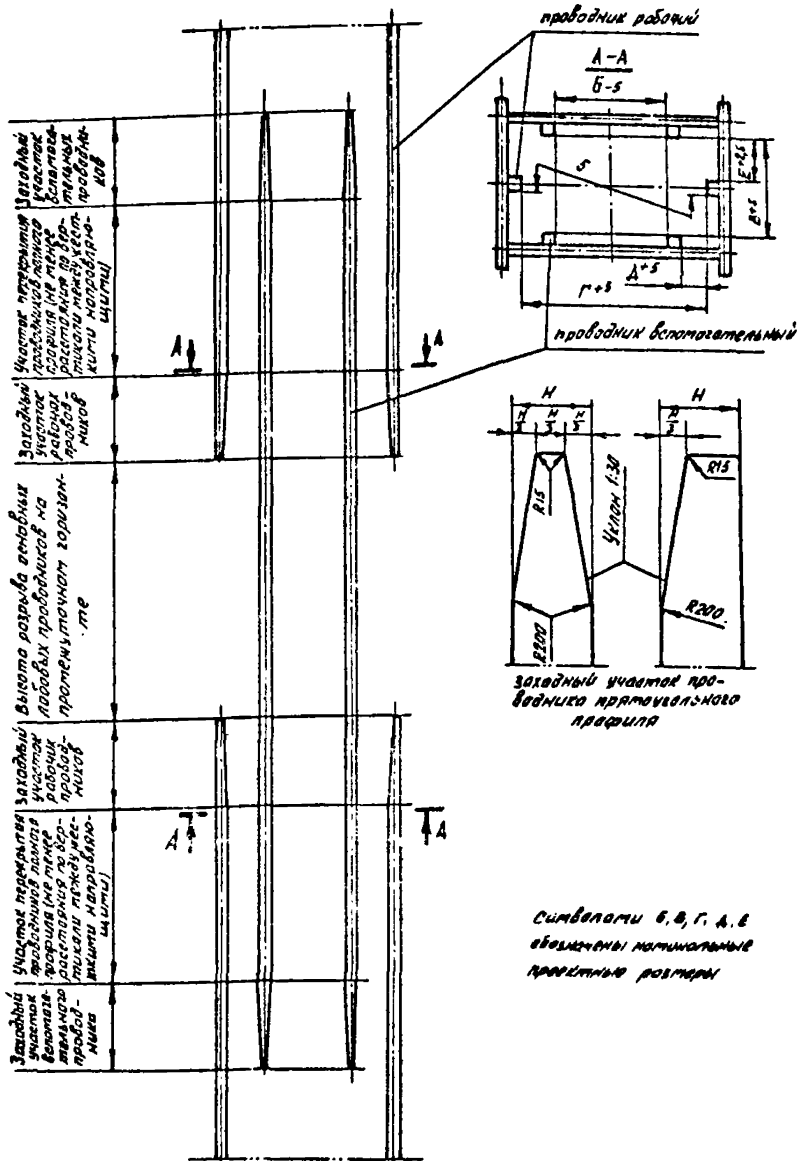


Рис.3.6. Система вспомогательных проводников на промежуточном горизонте при лобовом расположении рабочих проводников относительно подъемного сосуда

Длина участка взаимного перекрытия жестких рабочих и вспомогательных проводников с полным профилем должна быть не менее расстояния между верхними и нижними направляющими устройствами подъемного сосуда.

Взаимное рассогласование осей всех проводников друг относительно друга в горизонтальной плоскости на участке перекрытия не должно превышать 5мм.

Конструкция крепления вспомогательных проводников должна обеспечивать возможность их регулирования в горизонтальной плоскости относительно расстрелов в пределах  $\pm 20$ мм и надежное их фиксирование после выверки.

3.7.11. Армирование с диагональным расположением проводников относительно подъемного сосуда при той же металлоемкости, что и армировка с лобовыми проводниками, позволяет осуществлять загрузку-выгрузку клетей без описанных в п.3.7.10.1. устройств или систем вспомогательных проводников.

3.7.12. В местах сопряжения выработок со стволом на промежуточных горизонтах (в станках) жесткостные показатели конструкции армировки должны быть не ниже, чем у основной армировки ствола.

3.7.13. Приварка вспомогательных элементов для крепления, регулировки, предохранения проводников от смещения в горизонтальной плоскости и т.п. допускается на всех металлических расстрелах и на коробчатых проводниках.

3.7.14. Отверстия и пазы под болтовые соединения в расстрелах и проводниках должны быть выполнены механической обработкой при соблюдении требований к шероховатости и допускам на размеры, указанным на чертежах.

3.7.15. На основных болтовых соединениях проводника с расстрелом необходимо в обязательном порядке устанавливать гайку и

контргайку, на остальных болтовых соединениях элементов армировки допускается применение одной гайки при условии выполнения мероприятий по предотвращению ее самооткручивания (например, раскерновка стержня болта у гайки).

Установка пружинных шайб на основных болтовых соединениях элементов армировки не допускается.

3.7.16. Навеска в заармированный ствол подъемного сосуда без предварительного проверочного расчета на устойчивость его движения и на прочность элементов армировки не допускается.

#### 4. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ ДВИЖУЩЕГОСЯ ПОДЪЕМНОГО СОСУДА

4.1. Для описания движения подъемного сосуда приняты три системы отсчета (рис.4.1).

4.1.1. Координатная система  $O'X'Y'Z'$  - система, неподвижно связанная с шахтным стволом:

$X'$  - горизонтальная ось, параллельная продольной оси сосуда (перпендикулярная плоскости проводников при их двухстороннем боковом расположении относительно сосуда);

$Y'$  - горизонтальная ось, перпендикулярная продольной оси сосуда (параллельная плоскости проводников при их двухстороннем боковом расположении относительно сосуда);

$Z'$  - вертикальная ось, совпадающая с осью подъемного отсека.

Продольной горизонтальной осью подъемного сосуда является ось, параллельная направлению его разгрузки.

4.1.2. Координатная система  $OXYZ$  - система подвижных координат, оси которых параллельны координатным осям системы  $O'X'Y'Z'$ , а начало координат совпадает с центром масс движущегося подъемного сосуда .

4.1.3. Координатная система  $O\{\zeta\zeta\zeta$  - система подвижных координат, неизменно связанных с движущимся подъемным сосудом.

4.1.4. Координаты точки  $O$  (центра масс подъемного сосуда) в системе  $O'X'Y'Z'$  являются обобщенными координатами линейных перемещений сосуда.

4.1.5. Углы поворота подвижных осей координат  $O\{\zeta\zeta\zeta$  относительно осей координат  $OXYZ$  являются обобщенными координатами угловых перемещений сосуда. С известной степенью приближения

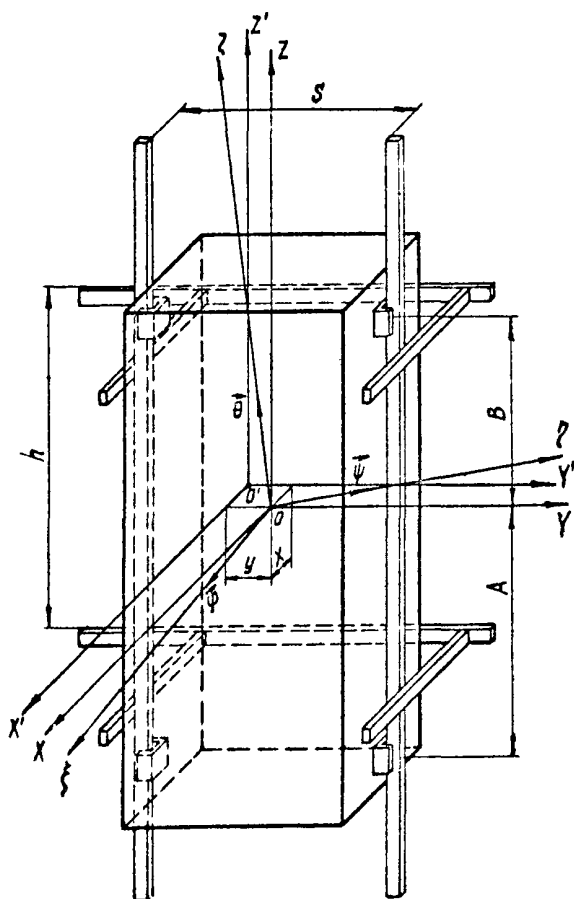


Рис. 4.1. Схема подъемного сосуда и системы координат при двухстороннем боковом расположении проводников

принято:

$\varphi$  - угол поворота сосуда в плоскости проводников (поворот вокруг оси  $X$  );

$\psi$  - угол поворота сосуда в плоскости, перпендикулярной плоскости проводников (поворот вокруг оси  $Y$  );

$\theta$  - угол поворота сосуда вокруг вертикальной оси  $Z$  .

4.2. В зависимости от направления перемещения упругих элементов системы "сосуд-армировка" относительно проводников различают "лобовое" и "боковое" перемещения. В соответствии с этим жесткости элементов также называют "лобовыми" и "боковыми".

Для клеток и скипов с двухсторонним боковым и клеток с односторонним расположением проводников лобовую жесткость элементов армировки и сосуда определяет сила, направленная по оси  $Y'$  , боковую - по оси  $X'$  , а для клеток с двухсторонним лобовым и скипов с односторонним расположением проводников лобовую жесткость определяет сила, направленная по оси  $X'$  , боковую - по оси  $Y'$  .

Моменты инерции поперечных сечений элементов армировки и сосуда также различают по указанному признаку.

## 5. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ШАХТНОГО СТВОЛА

5.1. Исходные данные для расчета.

5.1.1. Масса порожнего подъемного сосуда (с учетом подвесного устройства и стационарного зонта) -  $m_e$ , кг.

5.1.2. Масса груженого подъемного сосуда -  $m$ , кг.

5.1.3. Максимальная скорость движения груженого сосуда -  $v$ , м/с.

5.1.4. Центральные моменты инерции груженого сосуда -  $J_p$ ,  $J_\psi$ ,  $J_\phi$ , кг.м<sup>2</sup> (см. приложения 4 и 5).

5.1.5. Жесткость подъемного сосуда в лобовом и боковом направлениях -  $C_e^A$ ,  $C_e^B$ , кН/м (см. приложения 4 и 5).

5.1.6. Тип рабочих направляющих устройств подъемного сосуда.

5.1.7. Расстояния от горизонтальной плоскости, проходящей через центр масс груженого сосуда, до его нижних и верхних жестких рабочих или предохранительных направляющих устройств -  $A$ ,  $B$ , м (см. приложения 4 и 5).

5.1.8. Расстояния по вертикали между нижними и верхними жесткими рабочими или предохранительными направляющими подъемного сосуда -  $L = A+B$ , м.

5.1.9. Тип проводников (рельсовые, коробчатые, деревянные).

5.1.10. Ширина колеи -  $S$ , м.

5.1.11. Вид крепи ствола.

5.1.12. Материал заделки лунок (марка бетона).

5.1.13. Схема конструкции армировки и ее основные размеры.

5.1.14. Сборочные чертежи общего вида и основных сборочных единиц подъемного сосуда, а также поперечные сечения вертикальных стоек клетки или рамы скипа (при отсутствии в исходных данных значений  $J_p$ ,  $J_\psi$ ,  $J_\phi$ ,  $C_e^A$ ,  $C_e^B$ ,  $A$  и  $B$ ).



5.1.15. Дополнительные данные, необходимые для проверочного расчета армировки.

5.1.15.1. Шаг армировки -  $h$ , м.

5.1.15.2. Характеристика проводников:

- тип;

- моменты инерции поперечного сечения -  $J^A, J^B, \text{м}^4$ ;

- моменты сопротивления поперечного сечения -  $W^A, W^B, \text{м}^3$ .

5.1.15.3. Характеристика расстрельных балок:

- тип;

- момент инерции поперечного сечения относительно вертикальной оси -  $J_z, \text{м}^4$ ;

- площадь поперечного сечения -  $F, \text{м}^2$ .

5.2. Предварительный выбор основных параметров армировки.

5.2.1. Интенсивность подъемной установки -  $(mV^2), \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}^2}$ .

5.2.2. Расчетная интенсивность подъемной установки

$$(mV^2)_{\text{расч}} = K_{\text{расч}} (mV^2), \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}^2},$$

где  $K_{\text{расч}}$  принимается равным при двустороннем расположении проводников относительно сосуда:

$K_{\text{расч}} = 4$  - для рельсовых и деревянных,

$K_{\text{расч}} = 2$  - для коробчатых проводников;

при одностороннем расположении проводников:

$K_{\text{расч}} = 12$  - для рельсовых,

$K_{\text{расч}} = 6$  - для коробчатых проводников.

5.2.3. Шаг армировки.

Принимается предварительно с учетом рекомендаций пп.3.4 и

3.7.1 настоящей методики в диапазонах:

с. 2м до 4м - для деревянных,

от 3м до 6,25м для рельсовых,

от 4м до 6,0м - для коробчатых проводников.

Если в стволе размещены подъемные сосуды с односторонними и двусторонними проводниками установок различных интенсивностей, то шаг армировки определяется меньшим его значением одной из установок.

Для разных подъемных установок одного ствола, если армировки отсеков конструктивно не объединяются, их шаги могут быть разными.

#### 5.2.4. Проводники и расстрельные балки.

Виды профилей для проводников и расстрельных балок принимаются предварительно по соображениям конструктивного и технико-экономического характера.

#### 5.2.5. Лобовая жесткость расстрела.

По удвоенному значению расчетной интенсивности подъема  $(\pi V^2)_{расг.}$ , значению логарифма лобового момента инерции  $lg J^A$ , принятому типоразмеру проводника и шагу армировки  $h$  по номограмме рис.5.1 ориентировочно определяется необходимая лобовая жесткость расстрелов в месте крепления проводника  $C_N^A$  (номограммное значение).

Для случая с односторонними проводниками значение  $(\pi V^2)_{расг.}$  не удваивается.

Для пользования номограммой необходимо на прозрачном материале вычертить транспарант, помещенный в левом верхнем углу рис.5.1.

На номограмме находится линия уровня ближайшего большего значения  $(\pi V^2)_N$  по сравнению с  $2(\pi V^2)_{расг.}$  для двустороннего или  $(\pi V^2)_{расг.}$  для одностороннего расположения проводников. По коэффициенту номограммы  $K'_N$ , значения которого на транспаранте отложены по оси  $C_N^A$ , находится точка, соответствующая принятому шагу армировки  $h$  и коэффициенту  $K'_N$  (точка  $A$ ).

Коэффициент номограммы равен

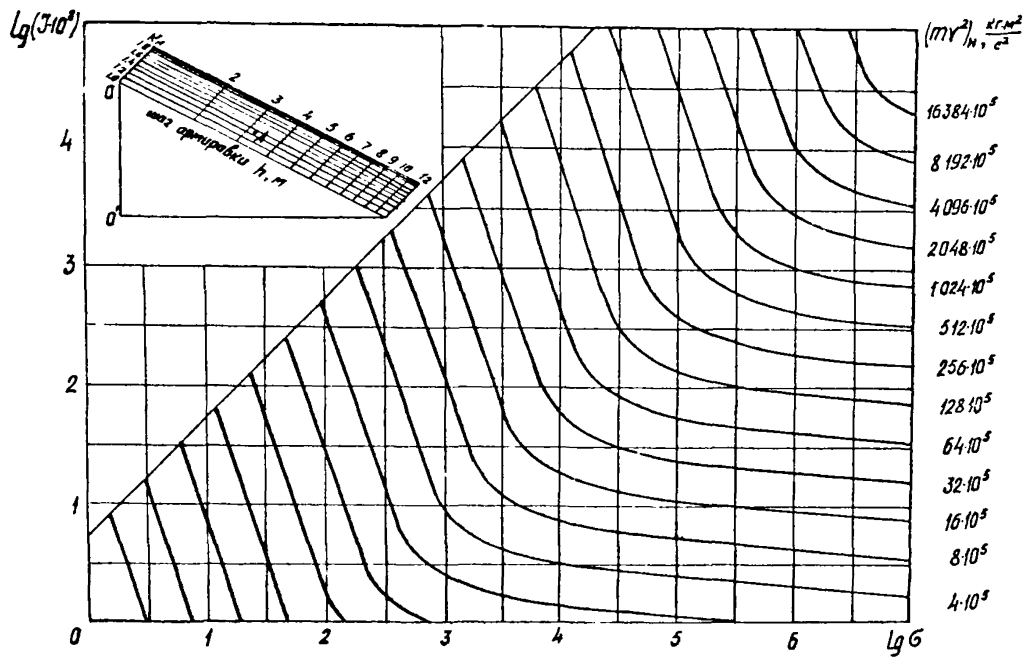


Рис.5.1. Номограмма для предварительного выбора параметров армировки

$$K_N = \frac{(mV^2)_N}{2(mV^2)_{расг.}} \quad - \text{ для двухстороннего или} \quad (5.1)$$

$$K_N = \frac{(mV^2)_N}{(mV^2)_{расг.}} \quad - \text{ для одностороннего расположения} \quad (5.2)$$

проводников.

На номограмме проводится горизонтальная линия, соответствующая  $lg J^A$ , после чего точка  $O$  транспаранта совмещается с этой линией так, чтобы линия  $OO'$  была параллельной оси ординат.

Затем транспарант передвигается по горизонтали (линия  $lg J^A$ ) до тех пор, пока точка  $A$  транспаранта не совместится с соответствующей линией  $(mV^2)_N$ .

В этом положении транспаранта определяется значение логарифма лобовой жесткости, как проекции точки  $O$  транспаранта на шкалу значений  $lg Q$  (ось абсцисс) номограммы.

#### 5.2.6. Боковая жесткость расстрела.

Необходимая боковая жесткость расстрела  $C_N^{\delta}$  (номограммная) ориентировочно определяется аналогично лобовой с помощью номограммы по принятому значению шага  $h$ , значениям бокового момента инерции проводника  $lg J^{\delta}$  и  $(mV^2)_{расг.}$ .

Для деревянных проводников при пользовании номограммой необходимо величины  $J^A$  и  $J^{\delta}$  для принятых типоразмеров проводников делить на 21.

#### 5.2.7. Моменты инерции сечений расстрельных балок.

По найденным значениям  $C_N^A$  и  $C_N^{\delta}$  в зависимости от охемы яруса армировки по формулам табл.5.1 определяются необходимые значения моментов инерции сечений расстрелов (относительно центральной вертикальной оси). Из двух расчетных значений моментов инерции  $J_{M(A)}$  и  $J_{M(\delta)}$  при выборе профиля расстрела необходимо руководствоваться большим значением.

По сортаменту проката принимается профиль с ближайшим

Таблица 5.1.

№№ п/п	Схемы ярусов	Моменты инерции поперечных сечений расстрелов, определяемые по жесткости	
		лобовые	боковые
1		$J_{N(i)}^1 = \frac{a_i^3 [4L_i^3 - a_i(3L_i - a_i)^2]}{12EL_i^3} \cdot C_N^A, \text{ м}^4;$	$J_{N(i)}^{1,2} = \frac{(H+a_0\delta)^2}{9EL_i} [L_i^2 + 3a_i(L_i - a_i)] \cdot C_N^B, \text{ м}^4; (i=1,2)$
2		$J_{N(i)}^2 = \frac{a_i^3 (L_2 - a_2)^3}{3EL_2^3} \cdot C_N^A, \text{ м}^4;$	$J_{N(i)}^3 = J_{N(i)}^4 = \frac{a_i^3 (L_4 - a_4)^3}{6EL_4^3} \cdot C_N^B, \text{ м}^4;$
3		$J_{N(i)}^0 = \frac{L_N^3}{3E} \cdot C_N^A, \text{ м}^4.$	$J_{N(i)}^0 = \frac{L_N^3}{3E} \cdot C_N^B, \text{ м}^4.$
4		<p>Здесь:</p> <p><math>i = 1, 2, 3, 4, 5, 6</math> - номера расстрелов;</p> <p><math>C_N^A, C_N^B</math> - лобовая и боковая жесткости расстрелов, определенные по номограмме;</p> <p><math>L_4 = L_0 - \frac{r}{2} + H</math> - при рельсовых; <math>L_4 = L_0 + \frac{2}{3}H</math> - при карбоновых проводниках;</p> <p>где <math>H</math> - высота профиля проводника; <math>r</math> - высота головки рельса.</p>	

большим значением момента инерции.

В случае конструкции яруса по схеме I момент инерции сечения коренного расстрела принимается не менее максимального момента инерции сечения расстрелов, несущих проводники, при этом высота сечения коренного расстрела должна быть не менее высоты присоединенных расстрелов.

Если схема яруса армировки представляет собой рамную конструкцию, показанную на схеме 3, то по значению лобовой жесткости  $C_H^A$  определяются моменты инерции сечений расстрелов, несущих проводники, а по значению боковой жесткости  $C_H^B$  определяются моменты инерции сечений коренных расстрелов.

Если расстрел представляет собой консольную П-образную балку (схема 4), то моменты инерции упоров принимаются равными моментам инерции несущей балки.

Выбранные ориентировочно по номограмме профили расстрелов необходимо проверить последующим расчетом, в котором учитываются различные факторы, оказывающие существенное влияние на значение допустимой скорости движения подъемных сосудов.

### 5.3. Жесткостные характеристики расстрельных балок.

Жесткость расстрелов определяется в местах крепления проводников.

#### 5.3.1. Лобовая жесткость.

5.3.1.1. Расстрельная балка, закрепленная обоими концами (рис. 5.2, поз. I-4, расчетная схема рис. 5.3а).

Жесткость в местах крепления проводников:

одинарных

$$C_0^A = \frac{k}{\delta_{00} - \delta_{01} X_1 - \delta_{02} X_2 - \dots - \delta_{0j} X_j - \dots - \delta_{0n} X_n} \cdot \frac{H}{M}, \quad (5.3)$$

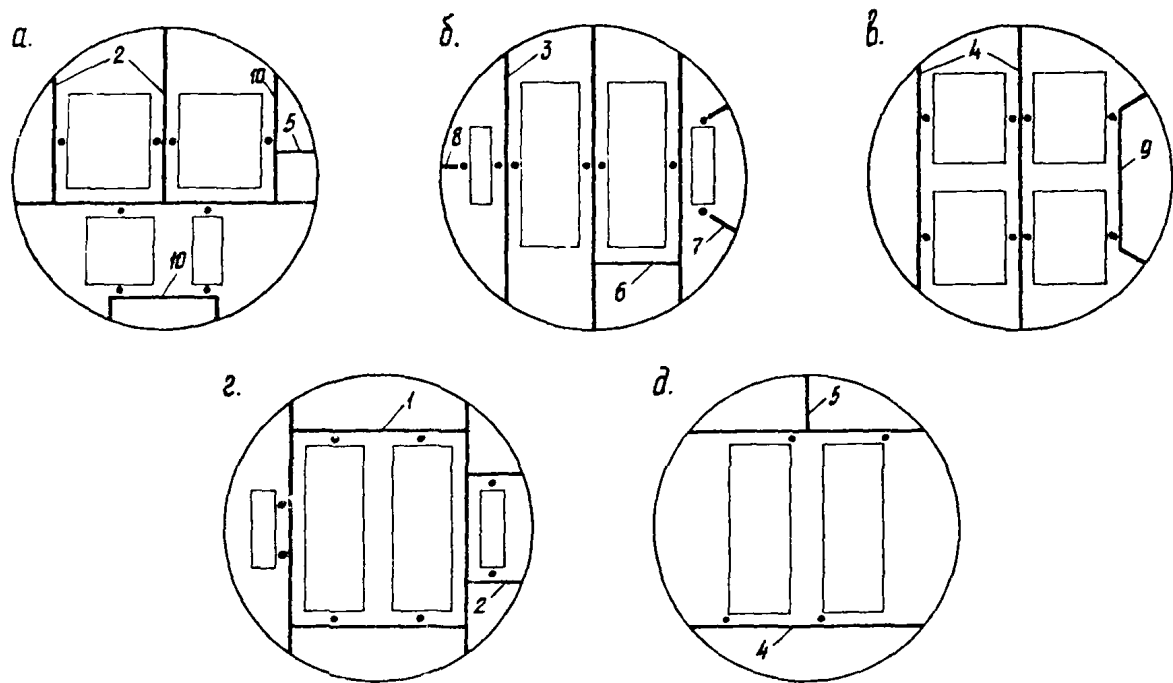


Рис.5.2. Основные условные схемы ярусов армировок

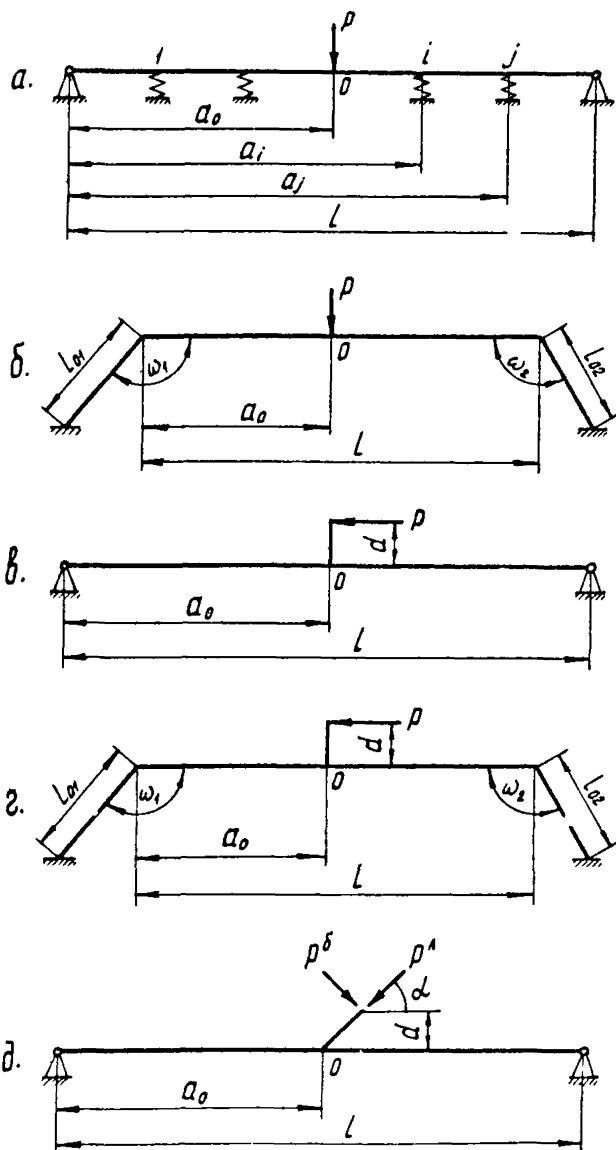


Рис. 5.3. Расчетные схемы определения жесткостных характеристик расстрельных балок в лобовом и боково направлениях



спаренных

$$C_0^A = \frac{k}{\delta_{00} - \delta_{01}\chi_1 - \delta_{02}\chi_2 - \dots - \delta_{0j}\chi_j - \dots - \delta_{0N}\chi_N} + \frac{8EJ^A}{h^3}, \frac{h}{m}, \quad (5.4)$$

где  $E$  - модуль продольной упругости материала, МПа;

$J^A$  - момент инерции поперечного сечения проводника в лобовом направлении, м<sup>4</sup>;

$h$  - шаг армировки, м;

$k$  - коэффициент, характеризующий влияние крепления концов расстрельной балки на ее жесткость;

$k = 1,0$  - для балки с болтовым (анкерным) креплением обоих концов (например, рис.5.2, поз.1);

$k = 1,7$  - для балки с одним заделанным в крепь ствола концом и болтовым креплением другого (рис.5.2, поз.2);

$k = 3,2$  - для балки с двумя заделанными концами в крепь ствола, не имеющей дополнительных связей (рис.5.2, поз.3);

$k = 2,0$  - для балки с двумя заделанными концами в крепь ствола, имеющей дополнительные связи (рис.5.2, поз.4).

Значения  $\chi_j$  определяются из системы алгебраических уравнений:

$$\left. \begin{aligned} (\Delta_1 + \delta_{11})\chi_1 + \delta_{12}\chi_2 + \dots + \delta_{1j}\chi_j + \dots + \delta_{1N}\chi_N &= \epsilon_{10}, \\ \delta_{21}\chi_1 + (\Delta_2 + \delta_{22})\chi_2 + \dots + \delta_{2j}\chi_j + \dots + \delta_{2N}\chi_N &= \epsilon_{20}, \\ \dots & \dots \\ \delta_{j1}\chi_1 + \delta_{j2}\chi_2 + \dots + (\Delta_j + \delta_{jj})\chi_j + \dots + \delta_{jN}\chi_N &= \epsilon_{j0}, \\ \dots & \dots \\ \delta_{N1}\chi_1 + \delta_{N2}\chi_2 + \dots + \delta_{Nj}\chi_j + \dots + (\Delta_N + \delta_{NN})\chi_N &= \epsilon_{N0}, \end{aligned} \right\} \quad (5.5)$$

где  $\delta_{ij}$  - коэффициенты влияния,  $\frac{M}{H}$ ;

$\Delta_j$  - податливость  $j$ -ой связи,  $\frac{M}{H}$ .

Число уравнений системы равно числу всех дополнительных связей  $N$  на расстреле, которые считаются упругими.

Податливости  $\Delta_j$  дополнительных связей на расстреле определяются по соответствующим формулам в зависимости от вида связей.

Податливости закрепленных на расстреле соседних проводников:

одинарных

$$\Delta_j = \frac{h^3}{8EJ^A}, \frac{M}{H}, \quad (5.6)$$

спаренных

$$\Delta_j = \frac{h^3}{16EJ^A}, \frac{M}{H}. \quad (5.7)$$

Податливость упора (рис.5.2, поз.5):

$$\Delta_j = \frac{n \cdot L_0}{EF_0}, \frac{M}{H}, \quad (5.8)$$

где  $L_0$  - длина упора, м;

$F$  - площадь поперечного сечения упора, м<sup>2</sup>;

$n$  - коэффициент, учитывающий условия закрепления упора:

$$n = 1 - \frac{1}{2L_0} \text{ - для упоров, заделанных в крепь ствола,}$$

$$n = 1 \text{ - для упоров с болтовым (анкерным) креплением.}$$

Податливость поперечной связи (рис.5.2, поз.6).

При соединении параллельных расстрелов поперечной связью ее податливость принимается равной податливости присоединенного расстрела в точке примыкания связи.

Коэффициенты влияния  $\delta_{ij}$  определяются по формуле

$$\delta_{ij} = \frac{a_i(l-a_j)[l^2 - a_i^2 - (l-a_j)^2] + (a_i - a_j)^3 l}{6EJ_z L}, \frac{M}{H}, \quad (5.9)$$

$$(i, j = 0, 1, 2, \dots, N)$$

- где  $l$  - длина расстрельной балки, м ;  
 $a_i$  и  $a_j$  - расстояния от конца расстрела до места крепления  $i$ -ой или  $j$ -ой связи на расстреле, м ;  
 $J_z$  - момент инерции поперечного сечения расстрельной балки относительно вертикальной оси, м<sup>4</sup>.

При  $a_i \leq a_j$  слагаемое  $(a_i - a_j)^3$  равно нулю, а при  $i = j$  формула (5.9) принимает вид:

$$\delta_{ij} = \frac{a_j^2 (l - a_j)^2}{3 E J_z l} \cdot \frac{m}{H} \quad (5.10)$$

5.3.1.2. Консольный одинарный расстрел (рис.5.2, поз. 7 ).

$$\rho_\sigma^A = \frac{E}{\frac{\pi l \cos^2 \omega}{F} + \frac{\gamma L_x^3 \sin^2 \omega}{3 J_z}} \cdot \frac{H}{m} \quad (5.11)$$

- где  $l$  - длина расстрела от крепи ствола до подошвы проводника, м  
 $F$  - площадь поперечного сечения расстрела, м<sup>2</sup>;  
 $\pi$  - коэффициент, учитывающий условия закрепления расстрела (см.п.5.3.1.1.);  
 $\gamma$  - коэффициент влияния заделки расстрела:  
 $\gamma = 1,4$  - для расстрелов двутаврового профиля с вертикально расположенной стойкой и коробчатых расстрелов;  
 $\gamma = 2,8$  - для расстрелов двутаврового профиля с горизонтально расположенной стойкой;  
 $\gamma = 4,0$  - для расстрелов с анкерным креплением к крепи ствола;  
 $\omega$  - угол между продольной осью расстрела и плоскостью проводников, град ;  
 $L_x$  - плечо действующей силы, м :

$l_x = l - \frac{r}{2} + H$  - при рельсовых проводниках,

$l_x = l + \frac{2}{3}H$  - при проводниках прямоугольного профиля  
( $H$  - высота профиля проводника,  $m$ ;  $r$  - высота головки рельса,  $m$ ).

При  $\omega = 0$  (рис.5.2, поз.8) формула (5.II) принимает вид:

$$C_o^A = \frac{EF}{\pi l}, \frac{H}{M}. \quad (5.I2)$$

5.3.I.3. Консольный П-образный расстрел (рис.5.2, поз.9, расчетная схема рис.5.3б).

$$C_o^A = \frac{E}{\frac{a_o^2(l-a_o)^2}{3J_z l} + \frac{\pi[(l-a_o)^2 l_{o1} \sin^2 \omega_1 + a_o^2 l_{o2} \sin^2 \omega_2]}{F_o l^2}}, \frac{H}{M}, \quad (5.I3)$$

где  $l$  - длина расстрельной балки,  $m$ ;

$l_{o1}$  и  $l_{o2}$  - длины стоек расстрельной балки,  $m$ ;

$F_o$  - площадь поперечного сечения стойки расстрельной балки,  $m^2$ ;

$\omega_1$  и  $\omega_2$  - углы между продольной осью расстрельной балки и ее стойками, град. ;

$\pi$  - коэффициент, учитывающий условия закрепления стоек расстрельной балки (см.п.5.3.I.I).

При  $l_{o1} = l_{o2} = l_o$  и  $\omega_1 = \omega_2 = 90^\circ$  (рис.5.2, поз.10) формула (5.I3) принимает вид:

$$C_o^A = \frac{E}{\frac{a_o^2(l-a_o)^2}{3J_z l} - \frac{\pi l_o}{F_o l^2} [(l-a_o)^2 + a_o^2]}, \frac{H}{M}. \quad (5.I4)$$

### 5.3.2. Боковая жесткость.

При определении боковой жесткости расстрелов дополнительные связи не учитываются.

5.3.2.1. Расстрельная балка, закрепленная обоими концами (рис.5.2, поз.1-4, расчетная схема рис.5.3в).

$$a_0^{\delta} = \frac{kE}{\frac{a_0(l-a_0)}{lF} + \frac{d^2}{3J_z l} [l(l-3a_0) + 3a_0^2] + \Phi}, \frac{H}{M}, \quad (5.15)$$

где  $l$  - длина расстрела, м;

$F$  - площадь поперечного сечения расстрела, м<sup>2</sup>;

$\Phi$  - величина, характеризующая податливость крепления проводника к расстрелу в боковом направлении, определяется из табл.5.2 :

Таблица 5.2

Тип проводника	Р38,Р43	Р50,Р65	Р75, деревянные	коробчатые
$\Phi, \text{ м}^{-1}$	1500	800	500	300

$a_0$  - большее расстояние от места крепления проводника до конца расстрела (до крепи ствола), м ;

$k$  - коэффициент, характеризующий влияние крепления концов расстрельной балки на ее жесткость :

$k = 1,0$  - балка с болтовым (анкерным) креплением обоих концов;

$k = 1,1$  - балка с одним заделанным концом в крепь ствола и болтовым креплением другого (рис.5.2, поз.2);

$k = 1,15$  - балка с двумя заделанными концами и расположением проводника посередине (рис.5.2, поз.3);

$k = 1,35$  - балка с двумя заделанными концами и расположением проводника между ее серединой и крепью ствола

(рис.5.2, поз.4);

$d$  - плечо боковой силы, м:

$$d = \beta - \frac{r}{2} + H \quad \text{— для рельсового проводника,}$$

$$d = \beta + \frac{2}{3}H \quad \text{— для проводника прямоугольного профиля}$$

( $\beta$  - расстояние от оси расстрела до подошвы проводника, м;  $H$  и  $r$  - см.п.5.3.1.2).

5.3.2.2. Консольный одинарный расстрел (рис.5.2, поз.7).

$$C_0^\delta = \frac{E}{\frac{\pi L \sin^2 \omega}{F} + \frac{\gamma L_\kappa^3 \cos^2 \omega}{3J_z} + \Phi}, \frac{H}{M}, \quad (5.16)$$

где  $L$ ,  $F$ ,  $\pi$ ,  $L_\kappa$ ,  $\gamma$ ,  $\omega$  - см.п.5.3.1.2.

При  $\omega = 0$  (рис.5.2, поз.8) формула (5.16) принимает вид:

$$C_0^\delta = \frac{E}{\frac{\gamma L_\kappa^3}{3J_z} + \Phi}, \frac{H}{M}. \quad (5.17)$$

5.3.2.3. Консольный П-образный расстрел (рис.5.2, поз.9, расчетная схема рис.5.3г).

$$C_0^\delta = \frac{E}{\frac{a_0(l-a_0)}{LF} + \frac{L_{01}^3 \cos^3 \omega_1 \sin^2 \omega_2 + L_{02}^3 \sin^3 \omega_1 \cos^2 \omega_2}{2 \cdot 12 J_{z0} (L_{01}^3 \sin^2 \omega_1 + L_{02}^3 \sin^2 \omega_2)} + \frac{d^2}{3J_z L} [l(l-3a_0) + 3a_0^2] + \Phi}, \frac{H}{M}, \quad (5.18)$$

где  $J_{z0}$  - момент инерции поперечного сечения слойки расстрела относительно вертикальной оси, м<sup>4</sup>;

$L$ ,  $F$ ,  $a_0$ ,  $d$ ,  $J_z$ ,  $\Phi$ ,  $L_{01}$ ,  $L_{02}$ ,  $\omega_1$ ,  $\omega_2$  - см.п.5.3.1.3 и п.5.3.2.1.

При  $L_{01} = L_{02} = L_0$  и  $\omega_1 = \omega_2 = 90^\circ$  (рис.5.2, поз.10) формула (5.18) принимает вид:

$$C_0^\delta = \frac{E}{\frac{a_0(l-a_0)}{LF} + \frac{L_0^3}{42J_{z0}} + \frac{d^2}{3J_z L} [l(l-3a_0) + 3a_0^2] + \Phi}, \frac{H}{M}. \quad (5.19)$$

5.3.3. Жесткость расстрелов при диагональном расположении проводников относительно подъемных осудов (рис.5.2д, расчетная схема рис.5.3д).

5.3.3.1. Лобовая жесткость.

$$C_0^A = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sin \alpha}{C_9^A}\right)^2 + \left(\frac{\cos \alpha}{C_9^B}\right)^2}}, \frac{H}{M}, \quad (5.20)$$

где  $C_9^A$ ,  $C_9^B$  – жесткости расстрела в направлениях, соответственно перпендикулярном и параллельном его продольной оси, Н/м ;

$\alpha$  – угол между горизонтальной диагональю подъемного сосуда, лежащей в плоскости проводников и продольной осью расстрела, град.

Жесткость  $C_9^A$  определяется по формулам (5.3) и (5.4) для расстрелов, закрепленных обоими концами, либо по формулам (5.13) и (5.14) для консольных П-образных расстрелов.

Жесткость  $C_9^B$  определяется по формулам:

для расстрелов, закрепленных обоими концами ,

$$C_9^B = \frac{EFL}{a_0(L-a_0)}, \frac{H}{M}; \quad (5.21)$$

для консольных П-образных расстрелов

$$C_9^B = \frac{E}{\frac{a_0(L-a_0)}{LF} + \frac{L_1^3 L_2^3 \sin^2 \omega_1 \sin^2 \omega_2}{2.1 J_{20} (L_1^3 \sin^2 \omega_1 + L_2^3 \sin^2 \omega_2)}}, \frac{H}{M}, \quad (5.22)$$

или при  $L_1 = L_2 = L_0$  и  $\omega_1 = \omega_2 = 90^\circ$

$$C_9^B = \frac{E}{\frac{a_0(L-a_0)}{LF} + \frac{L_0^3}{4.2 J_{20}}}, \frac{H}{M}. \quad (5.23)$$

## 5.3.3.2. Боковая жесткость.

$$C_a^\delta = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\cos \alpha}{C_g^\Lambda}\right)^2 + \left(\frac{\sin \alpha}{C_g^\delta}\right)^2} + \frac{d^2}{3kEJ_z L} [(L-3a_0) + 3a_0^2] + \frac{\Phi}{E}}, \frac{H}{M}, \quad (5.24)$$

где  $d$  - плечо боковой силы, м :

$$d = l_g - \frac{r}{2} + H \quad \text{для рельсовых проводников,}$$

$$d = l_g + \frac{2}{3}H \quad \text{для проводников прямоугольного профиля}$$

$l_g$  - расстояние от продольной оси расстрела до подошвы проводника по линии, соединяющей проводники;  $H$  и

$r$  - см. п. 5.3.1.2) ;

$C_g^\Lambda$  и  $C_g^\delta$  - см. п. 5.3.3.1 ;

$L, a_0, \Phi$  - см. п. 5.3.2.1.

5.3.4. В табл.5.3 приведены расчетные схемы и формулы для определения лобовых и боковых жесткостей расстрелов для конкретных схем армировки.

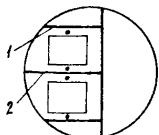
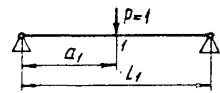
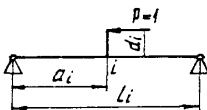
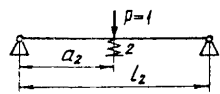
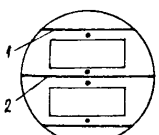
## 5.4. Инерциальные характеристики груженых подъемных сосудов.

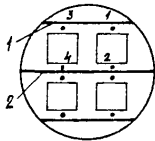
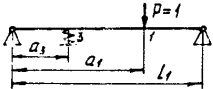
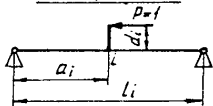
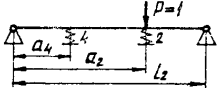
Центральные моменты инерции груженого подъемного сосуда ( $J_\psi, J_\phi$ ), а также положение его центра масс относительно жестких рабочих или предохранительных направляющих устройств ( $A, B$ ) определяются с достаточной точностью расчетом по укрупненным элементам сосуда в случае отсутствия в исходных данных указанных выше значений параметров.

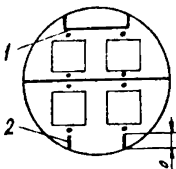
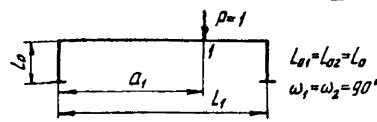
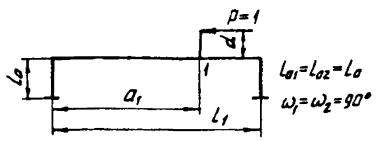
## 5.4.1. Скипы.

Конструкция скипа разбивается на следующие основные элементы: 1 - верхний пояс, 2 - нижний пояс, 3 - вертикальные стойки рамы, 4 - кузов, 5 - кожух (пыльник), 6 - груз, расположенный в час-



№№ п/п	Схема яруса	Жесткость расстрела в точке крепления проводника	
		лобовая	боковая
1		<p align="center"><u>Расстрел 1</u></p>  $C_1^A = k \frac{3EJ_z L_1}{a_1^2 (L_1 - a_1)^2}, \frac{H}{M}$	<p align="center"><u>Расстрелы 1,2</u></p> 
		<p align="center"><u>Расстрел 2</u></p>  $C_2^A = k \frac{3EJ_z L_2}{a_2^2 (L_2 - a_2)^2} + \frac{8EJ^A}{h^3}, \frac{H}{M}$	$C_i^B = k \frac{E}{\frac{a_i(l_i - a_i)}{L_i F} + \frac{d_i^2}{3J_z l_i} [L_i(L_i - 3a_i) + 3a_i^2] + \Phi}, \frac{H}{M}$ <p align="center">(i=1,2)</p>
2		<p align="center">Коэффициент <math>k</math> принимается равным для:</p> <p>схемы 1 - <math>k=1,7</math></p> <p>схемы 2 - <math>k=3,2</math></p> <p>При балтовом (анкерном) креплении обоих концов расстрела <math>k=1,0</math></p>	<p>схемы 1 - <math>k=1,1</math></p> <p>схемы 2 - <math>k=1,15</math></p>

№№ п/п	Схема яруса	Жесткость расстрелов в точке крепления проводника	
		л о б о в а я	б о к о в а я
3		<p><u>Расстрел 1</u></p>  $L_1 - a_1 = a_3$ $C_1^A = \frac{2}{\delta_{11} - \delta_{13} \chi_3} \cdot \frac{H}{M}, \quad \text{где } \chi_3 = \frac{\delta_{31}}{b_3 + \delta_{33}},$ $\Delta_3 = \frac{h^3}{8EJ^A}, \quad \delta_{33} = \delta_{11} = \frac{a_1^2 (L_1 - a_1)^2}{3EJ_2 L_1},$ $\delta_{31} = \delta_{13} = \frac{a_3 (L_1 - a_1) [L_1^2 - a_3^2 - (L_1 - a_1)^2]}{6EJ_2 L_1}.$	<p><u>Расстрелы 1, 2</u></p>  $C_i^B = \frac{1,55 \cdot E}{\frac{a_i (L_i - a_i)}{L_i F} + \frac{d_i^2}{3J_2 L_i} [L_i (L_i - 3a_i) + 3a_i^2] + \Phi} \cdot \frac{H}{M}$ <p style="text-align: center;">(i = 1, 2)</p>
		<p><u>Расстрел 2</u></p>  $L_2 - a_2 = a_4$ $C_2^A = \frac{2}{\delta_{22} - \delta_{24} \chi_4} \cdot \frac{8EJ^A}{h^3} \cdot \frac{H}{M}, \quad \text{где } \chi_4 = \frac{\delta_{42}}{\Delta_4 + \delta_{44}},$ $\Delta_4 = \frac{h^3}{16EJ^A}, \quad \delta_{44} = \delta_{22} = \frac{a_2^2 (L_2 - a_2)^2}{3EJ_2 L_2},$ $\delta_{42} = \delta_{24} = \frac{a_4 (L_2 - a_2) [L_2^2 - a_4^2 - (L_2 - a_2)^2]}{6EJ_2 L_2}.$	

№ п/п	Схема яруса	Жесткость расстрела в точке крепления проводника	
		лабая	боковая
4		<u>Расстрел 1</u>	
		 $C_1^A = \frac{E}{\frac{a_1^2(l_1 - a_1)^2}{3J_2 l_1} + \frac{n l_0}{F_0 l_1^2} [(l_1 - a_1)^2 + a_1^2]}, \frac{H}{M}$	 $C_1^B = \frac{E}{\frac{a_1(l_1 - a_1)}{l_1 F} + \frac{l_0^3}{42J_2} + \frac{d^2}{3J_2 l_1} [4l_1(l_1 - 3a_1) + 3a_1^2]} + \Phi}, \frac{H}{M}$
		<u>Расстрел 2</u>	
		$C_2^A = \frac{EF}{n l_0}, \frac{H}{M}$	$C_2^B = \frac{E}{\frac{\gamma L_x^3}{3J_2} + \Phi}, \frac{H}{M}$
<p>Здесь обозначено:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>n = 1 \frac{1}{2}</math> - для расстрелов, заделанных в крепь столба;</li> <li><math>n = 1 \frac{2}{3}</math> - для расстрелов с болтовым (анкерным) креплением;</li> <li><math>\gamma = 1,4</math> - для коробчатых расстрелов и расстрелов двутаврового профиля с вертикально расположенной стойкой;</li> <li><math>\gamma = 2,8</math> - для расстрелов двутаврового профиля с горизонтально расположенной стойкой;</li> <li><math>\gamma = 4,0</math> - для расстрелов с анкерным креплением к крепи столба;</li> <li><math>L_x = l_0 - \frac{r}{2} + H</math> - при рельсовых, <math>L_x = l_0 + \frac{r}{3} + H</math> - при коробчатых проводниках.</li> </ul>			

ти кузова с постоянным поперечным сечением, 7 - груз, расположенный в части кузова с переменным поперечным сечением.

У опрокидных скипов и скипов с отклоняющимся кузовом элемент 7 отсутствует.

5.4.I.I. Исходные данные для расчета.

Определяются из рабочих чертежей скипа в соответствии с расчетной схемой рис.5.4.

5.4.I.I.I. Масса верхнего пояса с ограждением, стационарным зонтом, обшивкой, укосинами, закрепленными на сосудах элементами подвесного устройства, роликовыми направляющими -  $m_1$ , кг.

5.4.I.I.2. Масса нижнего пояса с ограждением, обшивкой, закрепленными на сосудах элементами подвесного устройства, роликовыми направляющими -  $m_2$ , кг.

5.4.I.I.3. Масса вертикальных стоек рамы с соединительными элементами и направляющими устройствами скольжения -  $m_3$ , кг.

5.4.I.I.4. Масса кузова с затвором -  $m_4$ , кг.

5.4.I.I.5. Масса кожуха -  $m_5$ , кг.

5.4.I.I.6. Масса груза -  $m_{гp}$ , кг.

5.4.I.I.7. Масса груженого скипа (проверка) -

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_{гp}, \text{ кг.} \quad (5.25)$$

5.4.I.I.8. Расстояние по вертикали между нижними и верхними жесткими рабочими или предохранительными направляющими устройствами -  $L$ , м.

5.4.I.I.9. Расстояние по вертикали от основания скипа до середины нижнего направляющего устройства скольжения -  $L_3$ , м.

5.4.I.I.10. Расстояние по вертикали от основания скипа до нижней точки кузова (днища) -  $L_4$ , м.

5.4.I.I.11. Высота верхнего пояса скипа, равная высоте его несущих бвалок, -  $h_1$ , м.

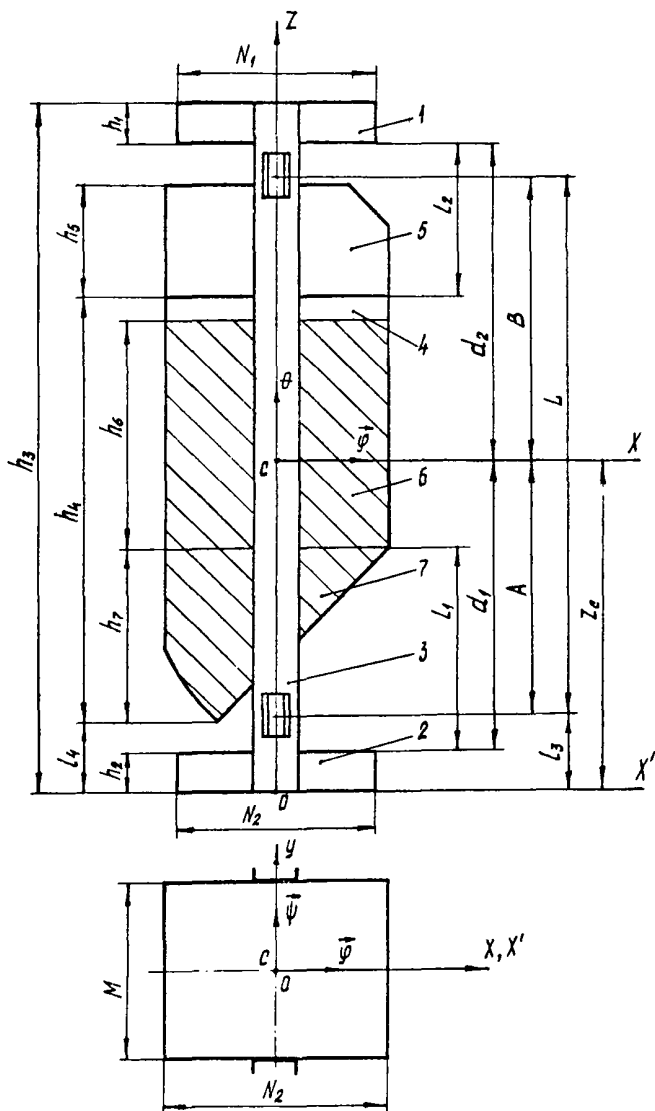


Рис.5.4. Расчетная схема определения геометрических и инерционных характеристик грузного скипа

5.4.I.I.I2. Высота нижнего пояса скипа, равная высоте его несущих балок -  $h_2$ , м.

5.4.I.I.I3. Длина вертикальных стоек рамы -  $h_3$ , м.

5.4.I.I.I4. Высота кузова -  $h_4$ , м.

5.4.I.I.I5. Высота кожуха -  $h_5$ , м.

5.4.I.I.I6. Высота груза, расположенного в части кузова с постоянным сечением (от верхней границы груза до верхней точки днища скипа) -  $h_6$ , м.

5.4.I.I.I7. Высота груза, расположенного в части кузова с переменным поперечным сечением (расстояние по вертикали между верхней и нижней кромками днища скипа) -  $h_7$ , м.

5.4.I.I.I8. Высота груза для опрокидных скипов и скипов с отклоняющимся кузовом -  $h_{2p} = h_5 + i_{17}$ , м.

5.4.I.I.I9. Ширина кузова в плане -  $M$ , м.

5.4.I.I.20. Длина кузова в плане -  $N$ , м.

5.4.I.I.21. Длина верхнего пояса в плане -  $N_1$ , м.

5.4.I.I.22. Длина нижнего пояса в плане -  $N_2$ , м.

5.4.I.2. Положение центра масс груженого скипа по вертикали относительно его рабочих или предохранительных направляющих устройств.

5.4.I.2.I. Массы элементов 6 и 7 :

$$m_6 = m_{2p} \frac{h_6}{h_6 + 0,5 h_7}, \text{ кг}; \quad (5.26)$$

$$m_7 = m_{2p} - m_6, \text{ кг}. \quad (5.27)$$

Для опрокидных скипов и скипов с отклоняющимся кузовом:

$$m_6 = m_{2p}, \text{ кг}; \quad m_7 = 0, \text{ кг}.$$

5.4.1.2.2. Произведения масс элементов скипа на координаты их центров масс по вертикальной оси:

$$\begin{aligned}
 A_1 &= m_1(h_3 - 0,5 \cdot h_1), \text{ кг} \cdot \text{м}; \\
 A_2 &= 0,5 \cdot m_2 \cdot h_2, \text{ кг} \cdot \text{м}; \\
 A_3 &= 0,5 \cdot m_3 \cdot h_3, \text{ кг} \cdot \text{м}; \\
 A_4 &= m_4(L_4 + 0,5 \cdot h_4), \text{ кг} \cdot \text{м}; \\
 A_5 &= m_5(L_4 + h_4 + 0,5 \cdot h_5), \text{ кг} \cdot \text{м}; \\
 A_6 &= m_6(L_4 + h_7 + 0,5 \cdot h_6), \text{ кг} \cdot \text{м}; \\
 A_7 &= m_7(L_4 + 0,67 \cdot h_7), \text{ кг} \cdot \text{м}.
 \end{aligned} \tag{5.28}$$

Для опрокидных скипов и скипов с отклоняющимся кузовом:

$$A'_6 = m_{2p} \left( L_4 + \frac{h_6 + h_7}{2} \right), \text{ кг} \cdot \text{м}; \quad A'_7 = 0, \text{ кг} \cdot \text{м}. \tag{5.29}$$

5.4.1.2.3. Координата центра масс груженого скипа по вертикальной оси:

$$Z_c = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7}{m}, \text{ м}. \tag{5.30}$$

5.4.1.2.4. Расстояние от горизонтальной плоскости, проходящей через центр масс груженого скипа, до нижних и верхних жестких рабочих или предохранительных направляющих устройств:

$$\begin{aligned}
 A &= Z_c - L_3, \text{ м}; \\
 B &= L - A, \text{ м}.
 \end{aligned} \tag{5.31}$$

5.4.1.3. Центральные моменты инерции груженого скипа.

5.4.1.3.1. Расстояния по вертикали от центра масс груженого скипа до центров масс его элементов:

$$Z_i = \left| \frac{A_i}{m_i} - Z_c \right|, \text{ м} \quad (i = 1, 2, \dots, 7). \tag{5.32}$$

## 5.4.1.3.2. Центральные моменты инерции элементов огиба.

Верхний пояс:

$$\begin{aligned}
 J_{\varphi 1} &= m_1 [0,083(h_1^2 + M^2) + Z_1^2], \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\
 J_{\psi 1} &= m_1 [0,083(h_1^2 + N_1^2) + Z_1^2], \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\
 J_{\theta 1} &= 0,083 m_1 (M^2 + N_1^2), \text{ кг}\cdot\text{м}^2.
 \end{aligned}
 \tag{5.33}$$

Нижний пояс:

$$\begin{aligned}
 J_{\varphi 2} &= m_2 [0,083(h_2^2 + M^2) + Z_2^2], \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\
 J_{\psi 2} &= m_2 [0,083(h_2^2 + N_2^2) + Z_2^2], \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\
 J_{\theta 2} &= 0,083 m_2 (M^2 + N_2^2), \text{ кг}\cdot\text{м}^2.
 \end{aligned}
 \tag{5.34}$$

Вертикальные стойки рамы:

$$\begin{aligned}
 J_{\varphi 3} &= m_3 (0,083 h_3^2 + 0,25 M^2 + Z_3^2), \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\
 J_{\psi 3} &= m_3 (0,083 h_3^2 + Z_3^2), \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\
 J_{\theta 3} &= 0,25 m_3 M^2, \text{ кг}\cdot\text{м}^2.
 \end{aligned}
 \tag{5.35}$$

Кузов:

$$\begin{aligned}
 J_{\varphi 4} &= m_4 \left\{ \frac{h_4^3(M+N) + Mh_4(3Nh_4 + 3MN + M^2) + M^3N}{12[Nh_4 + M(N+h_4)]} + Z_4^2 \right\}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\
 J_{\psi 4} &= m_4 \left\{ \frac{h_4^3(M+N) + N^3(M+h_4) + 3MNh_4(N+h_4)}{12[Nh_4 + M(N+h_4)]} + Z_4^2 \right\}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\
 J_{\theta 4} &= m_4 \left\{ \frac{3MNh_4(M+N) + M^3(N+h_4) + N^3(M+h_4)}{12[Nh_4 + M(N+h_4)]} \right\}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2.
 \end{aligned}
 \tag{5.36}$$

Кожух:

$$\begin{aligned}
 J_{\varphi 5} &= m_5 \left\{ \frac{h_5^3(M+N) + Mh_5(3Nh_5 + 3MN + M^2) + M^3N}{12[Nh_5 + M(N+h_5)]} + Z_5^2 \right\}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\
 J_{\psi 5} &= m_5 \left\{ \frac{h_5^3(M+N) + N^3(M+h_5) + 3MNh_5(N+h_5)}{12[Nh_5 + M(N+h_5)]} + Z_5^2 \right\}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2;
 \end{aligned}
 \tag{5.37}$$



$$J_{\varphi 5} = m_5 \left\{ \frac{3MNh_5(M+N) + M^3(N+h_5) + N^3(M+h_5)}{12[Nh_5 + M(N+h_5)]} \right\}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Груз, расположенный в части кузова с постоянным поперечным сечением:

$$J_{\varphi 6} = m_6 [0,083(M^2 + h_6^2) + Z_6^2], \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \quad (5.38)$$

$$J_{\psi 6} = m_6 [0,083(N^2 + h_6^2) + Z_6^2], \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$J_{\theta 6} = 0,083 m_6 (M^2 + N^2), \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Груз, расположенный в части кузова с переменным поперечным сечением:

$$J_{\varphi 7} = m_7 (0,083M^2 + 0,056h_7^2 + Z_7^2), \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$J_{\psi 7} = m_7 (0,083N^2 + 0,056h_7^2 + Z_7^2), \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

$$J_{\theta 7} = 0,083 m_7 (M^2 + N^2), \text{ кг}\cdot\text{м}^2. \quad (5.39)$$

#### 5.4.1.3.3. Моменты инерции грузевого скина:

относительно оси  $OX$

$$J_{\varphi} = J_{\varphi 1} + J_{\varphi 2} + J_{\varphi 3} + J_{\varphi 4} + J_{\varphi 5} + J_{\varphi 6} + J_{\varphi 7}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

относительно оси  $OY$

$$J_{\psi} = J_{\psi 1} + J_{\psi 2} + J_{\psi 3} + J_{\psi 4} + J_{\psi 5} + J_{\psi 6} + J_{\psi 7}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \quad (5.40)$$

относительно оси  $OZ$

$$J_{\theta} = J_{\theta 1} + J_{\theta 2} + J_{\theta 3} + J_{\theta 4} + J_{\theta 5} + J_{\theta 6} + J_{\theta 7}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

#### 5.4.2. Клеть.

Конструкция клетки разбивается на следующие элементы: 1-вагонетка с грузом нижнего этажа; 2 - опоры нижнего этажа; 3-ловитель; 4 - балка подвешенного устройства или крыша стационарного

зонта; 5 - жесткие стойки подвешенного устройства или стационарного зонта; 6 - вагонетка с грузом верхнего этажа; 7 - опоры верхнего этажа; 8 - металлоконструкция клетки.

В одноэтажной клетке отсутствуют элементы 6 и 7; в клетке для многоканатного подъема без стационарного зонта отсутствуют элементы 4 и 5; в двухэтажной клетке, предназначенной для транспортировки одной вагонетки, отсутствует элемент 6.

В случае возможного использования для транспортирования груза различных типов вагонеток расчет геометрических и инерциальных характеристик клетки проводится для вагонеток большей грузоподъемности.

#### 5.4.2.1. Исходные данные для расчета.

Определяются из рабочих чертежей клетки в соответствии с расчетной схемой рис.5.5.

5.4.2.1.1. Масса вагонетки с грузом -  $m_1 = m_6$ , кг.

5.4.2.1.2. Масса стопоров одного этажа -  $m_2 = m_7$ , кг.

5.4.2.1.3. Масса ловителя -  $m_3$ , кг.

5.4.2.1.4. Масса балки подвешенного устройства с зонтом и элементами крепления прицепного устройства для клеток одноканатного подъема или масса крыши стационарного зонта для клеток многоканатного подъема -  $m_4$ , кг.

5.4.2.1.5. Масса стоек подвешенного устройства для клеток одноканатного подъема или масса стоек стационарного зонта для клеток многоканатного подъема -  $m_5$ , кг.

5.4.2.1.6. Масса металлоконструкции клетки -

$$m_8 = m_0 - (m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_7), \text{ кг.}$$

где  $m_0$  - масса порожней клетки, кг.

5.4.2.1.7. Расстояние по вертикали между верхними и нижними жесткими рабочими или предохранительными направляющими

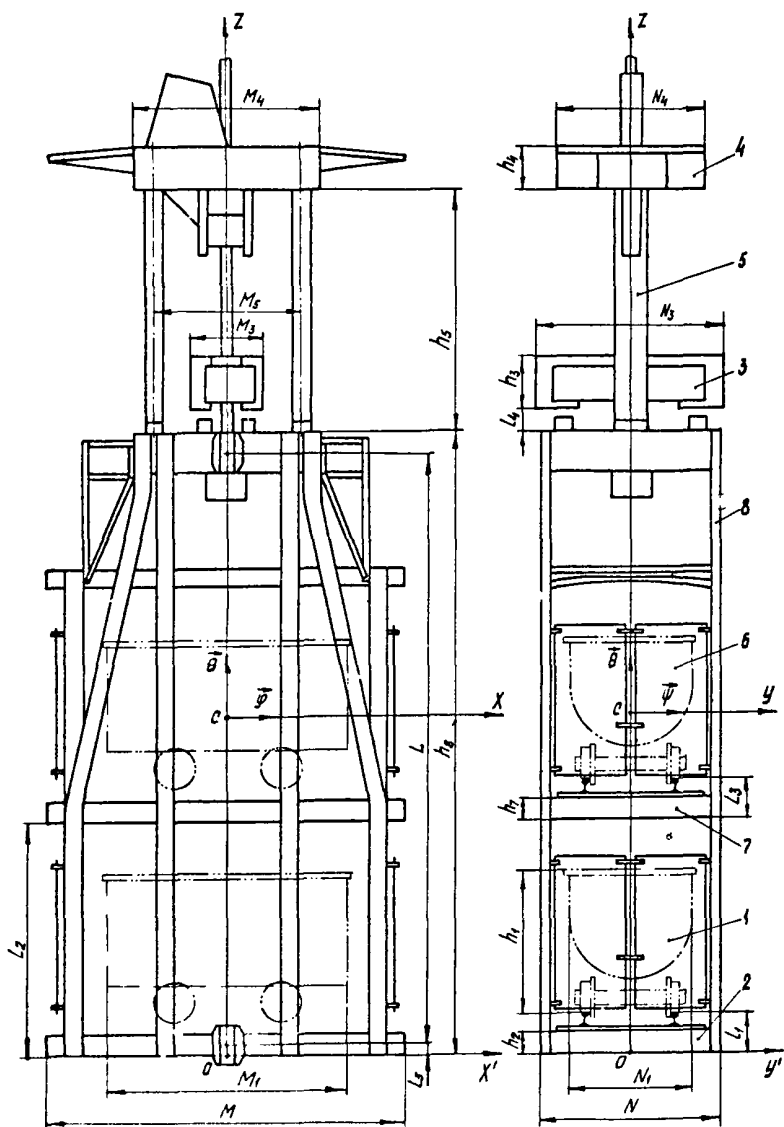


Рис.5.5. Расчетная схема определения геометрических и инерциальных характеристик грузовой клетки

устройствами -  $L$  , м.

5.4.2.I.8. Расстояние от основания клетки до головок рельсов нижнего пояса -  $L_1$  , м.

5.4.2.I.9. Расстояние от основания клетки до основания среднего пояса -  $L_2$  , м.

5.4.2.I.I0. Расстояние от основания среднего пояса до головок рельсов, расположенных на нем, -  $L_3$  , м.

5.4.2.I.II. Расстояние от верхнего пояса до ловителя -  $L_4$  , м.

5.4.2.I.I2. Расстояние от основания клетки до середины нижнего жесткого рабочего или предохранительного направляющего устройства -  $L_5$  , м.

5.4.2.I.I3. Высота вагонетки -  $h_1$  , м.

5.4.2.I.I4. Высота нижнего пояса -  $h_2$  , м.

5.4.2.I.I5. Высота ловителя -  $h_3$  , м.

5.4.2.I.I6. Высота балки подвесного устройства или толщина крыши стационарного зонта -  $h_4$  , м.

5.4.2.I.I7. Высота стоек подвесного устройства или стационарного зонта -  $h_5$  , м.

5.4.2.I.I8. Высота среднего пояса -  $h_7$  , м.

5.4.2.I.I9. Высота клетки (длина вертикальных стоек) -  $h_8$  , м.

5.4.2.I.20. Длина клетки в плане -  $M$  , м.

5.4.2.I.21. Ширина клетки в плане -  $N$  , м.

5.4.2.I.22. Длина вагонетки -  $M_1$  , м.

5.4.2.I.23. Ширина вагонетки -  $N_1$  , м.

5.4.2.I.24. Габаритный размер ловителя в направлении продольной оси клетки -  $M_3$  , м.

5.4.2.I.25. Габаритный размер ловителя в направлении, перпендикулярном продольной оси клетки, -  $N_3$  , м.

5.4.2.I.26. Габаритный размер балки подвесного устройства или крыши стационарного зонта в направлении продольной оси кле-

ти -  $M_4$ , м.

5.4.2.1.27. Габаритный размер балки подвесного устройства или крыши стационарного зонта в направлении, перпендикулярном продольной оси клетки -  $N_4$ , м.

5.4.2.1.28. Расстояние между осями стоек подвесного устройства или стационарного зонта в среднем их сечении в направлении продольной оси клетки -  $M_5$ , м.

5.4.2.1.29. Расстояние между осями стоек подвесного устройства или стационарного зонта в среднем их сечении в направлении, перпендикулярном продольной оси клетки, -  $N_5$ , м.

Для подвесных устройств с двумя стойками  $N_5 = 0$ .

5.4.2.2. Положение центра масс груженой клетки по вертикали относительно ее жестких рабочих или предохранительных направляющих устройств.

5.4.2.2.1. Масса клетки с грузом:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8, \text{ кг.} \quad (5.41)$$

5.4.2.2.2. Произведение масс элементов клетки на координаты их центров масс по вертикальной оси:

$$\begin{aligned} A_1 &= m_1 (L_1 + 0,57 \cdot h_1), \text{ кг} \cdot \text{м}; \\ A_2 &= 0,5 \cdot m_2 \cdot h_2, \text{ кг} \cdot \text{м}; \\ A_3 &= m_3 (h_g + L_4 + 0,5 \cdot h_3), \text{ кг} \cdot \text{м}; \\ A_4 &= m_4 (h_g + h_5 + 0,5 \cdot h_4), \text{ кг} \cdot \text{м}; \\ A_5 &= m_5 (h_g + 0,5 \cdot h_5), \text{ кг} \cdot \text{м}; \\ A_6 &= m_1 (L_2 + L_3 + 0,57 \cdot h_1), \text{ кг} \cdot \text{м}; \\ A_7 &= m_2 (L_2 + 0,5 \cdot h_1), \text{ кг} \cdot \text{м}; \\ A_8 &= 0,5 \cdot m_8 \cdot h_8, \text{ кг} \cdot \text{м}. \end{aligned} \quad (5.42)$$

5.4.2.2.3. Координата центра масс грузовой клетки по вертикальной оси:

$$Z_c = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8}{m}, \text{ м.} \quad (5.43)$$

5.4.2.2.4. Расстояния от горизонтальной плоскости, проходящей через центр масс грузовой клетки, до нижних и верхних жестких рабочих или предохранительных направляющих устройств:

$$\begin{aligned} A &= Z_c - L_3, \text{ м,} \\ B &= L - A, \text{ м.} \end{aligned} \quad (5.44)$$

5.4.2.3. Центральные моменты инерции грузовой клетки.

5.4.2.3.1. Расстояния по вертикали от центра масс грузовой клетки до центров масс ее элементов:

$$Z_i = \left| \frac{A_i}{m_i} - Z_c \right|, \text{ м} \quad (i = 1, 2, \dots, 8). \quad (5.45)$$

5.4.2.3.2. Центральные моменты инерции элементов клетки.

Вагонетка, расположенная в нижнем этаже клетки:

$$\begin{aligned} J_{\varphi 1} &= m_1 [0,054 \cdot N_1^2 + 0,059 \cdot h_1^2 + Z_1^2], \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \\ J_{\psi 1} &= m_1 [0,065 \cdot M_1^2 + 0,07 \cdot h_1^2 + Z_1^2], \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \\ J_{\varphi 1} &= 0,069 \cdot m_1 (N_1^2 + M_1^2), \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \end{aligned} \quad (5.46)$$

Столпы нижнего этажа клетки:

$$\begin{aligned} J_{\varphi 2} &= m_2 [0,083(N^2 + h_2^2) + Z_2^2], \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \\ J_{\psi 2} &= m_2 [0,083(M^2 + h_2^2) + Z_2^2], \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \\ J_{\varphi 2} &= 0,083 \cdot m_2 (N^2 + M^2), \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \end{aligned} \quad (5.47)$$

Довитель:

$$\begin{aligned} J_{\varphi 3} &= m_3 [0,083 (N_3^2 + h_3^2) + Z_3^2], \text{ кг.м}^2; \\ J_{\psi 3} &= m_3 [0,083 (M_3^2 + h_3^2) + Z_3^2], \text{ кг.м}^2; \\ J_{\theta 3} &= 0,083 \cdot m_3 (N_3^2 + M_3^2), \text{ кг.м}^2. \end{aligned} \quad (5.48)$$

Балка подвесного устройства или крыша стационарного зонта:

$$\begin{aligned} J_{\varphi 4} &= m_4 [0,083 (N_4^2 + M_4^2) + Z_4^2], \text{ кг.м}^2; \\ J_{\psi 4} &= m_4 [0,083 (M_4^2 + h_4^2) + Z_4^2], \text{ кг.м}^2; \\ J_{\theta 4} &= 0,083 \cdot m_4 (N_4^2 + M_4^2), \text{ кг.м}^2. \end{aligned} \quad (5.49)$$

Стойки подвесного устройства или стационарного зонта:

$$\begin{aligned} J_{\varphi 5} &= m_5 (0,25 \cdot N_5^2 + 0,083 \cdot h_5^2 + Z_5^2), \text{ кг.м}^2; \\ J_{\psi 5} &= m_5 (0,25 \cdot M_5^2 + 0,083 \cdot h_5^2 + Z_5^2), \text{ кг.м}^2; \\ J_{\theta 5} &= 0,25 \cdot m_5 (N_5^2 + M_5^2), \text{ кг.м}^2. \end{aligned} \quad (5.50)$$

Вагонетка, расположенная в верхнем этаже:

$$\begin{aligned} J_{\varphi 6} &= m_1 (0,054 \cdot N_1^2 + 0,059 \cdot h_1^2 + Z_6^2), \text{ кг.м}^2; \\ J_{\psi 6} &= m_1 (0,065 \cdot M_1^2 + 0,07 \cdot h_1^2 + Z_6^2), \text{ кг.м}^2; \\ J_{\theta 6} &= J_{\theta 1}, \text{ кг.м}^2. \end{aligned} \quad (5.51)$$

Стопоры верхнего этажа клема:

$$\begin{aligned} J_{\varphi 7} &= m_2 [0,083 (N^2 + h_7^2) + Z_7^2], \text{ кг.м}^2; \\ J_{\psi 7} &= m_2 [0,083 (M^2 + h_7^2) + Z_7^2], \text{ кг.м}^2; \\ J_{\theta 7} &= J_{\theta 2}, \text{ кг.м}^2. \end{aligned} \quad (5.52)$$

Металлоконструкция клетки:

$$\begin{aligned} J_{\varphi 0} &= m_0 [0,033(N+h_0)^2 + Z_0^2], \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\ J_{\varphi 0} &= m_0 \left[ \frac{M^2}{12} + \frac{(3N+h_0)h_0^2}{12(N+h_0)} + Z_0^2 \right], \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\ J_{00} &= m_0 \left[ \frac{M^2}{12} + \frac{N^2(N+3h_0)}{12(N+h_0)} \right], \text{ кг}\cdot\text{м}^2. \end{aligned} \quad (5.53)$$

5.4.2.3.3. Моменты инерции грузовой клетки:

относительно оси  $OX$

$$J_x = J_{x1} + J_{x2} + J_{x3} + J_{x4} + J_{x5} + J_{x6} + J_{x7} + J_{x8}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2;$$

относительно оси  $OY$

$$J_y = J_{y1} + J_{y2} + J_{y3} + J_{y4} + J_{y5} + J_{y6} + J_{y7} + J_{y8}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \quad (5.54)$$

относительно оси  $OZ$

$$J_z = J_{z1} + J_{z2} + J_{z3} + J_{z4} + J_{z5} + J_{z6} + J_{z7} + J_{z8}, \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

5.4.3. Подъемные сосуды с диагональным расположением проводников.

Центральные моменты инерции  $J_{\varphi 0}$ ,  $J_{\varphi 0}$ ,  $J_{00}$  определяются по формулам:

$$\begin{aligned} J_{\varphi 0} &= J_{\varphi} \sin^2 \alpha + J_{\varphi} \cos^2 \alpha, \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\ J_{\varphi 0} &= J_{\varphi} \sin^2 \alpha + J_{\varphi} \cos^2 \alpha, \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \\ J_{00} &= J_0, \text{ кг}\cdot\text{м}^2, \end{aligned} \quad (5.55)$$

где  $J_{\varphi}$ ,  $J_{\varphi}$  и  $J_0$  — моменты инерции грузевого подъемного сосуда относительно его центральных осей; определяются расчетом в соответствии с пп. 5.4.1 и 5.4.2 либо принимаются из приложений 4 и 5, кг·м<sup>2</sup>;

$\alpha$  — угол между горизонтальной диагональю сосуда, лежащей в плоскости проводников, и продольной осью расстрела, град.



## 5.5. Жесткостные характеристики подъемных сосудов.

Значения лобовой и боковой жесткостей подъемного сосуда ( $C_c^A$  и  $C_c^\delta$ ) принимаются из приложений 4 и 5 либо определяются расчетом.

## 5.5.1. Скипы.

## 5.5.1.1. Скипы рамной конструкции.

Лобовая (боковая) жесткость:

$$C_c^{A(\delta)} = \frac{720 \cdot E \cdot J_{pm}^{A(\delta)}}{L^3}, \frac{H}{M}, \quad (5.56)$$

где  $J_{pm}^{A(\delta)}$  – лобовой (боковой) момент инерции поперечного сечения вертикальной стойки рамы скипа,  $m^4$ ;

$L$  – расстояние по вертикали между нижними и верхними жесткими рабочими или предохранительными направляющими устройствами скипа, м.

## 5.5.1.2. Скипы каркасной конструкции.

Лобовая жесткость:

$$C_c^A = \frac{48 E J_{pm1}^A (d_1 + d_2)}{L_1^3 d_2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{d_1 J_{pm1}^A L_2^3}{d_2 J_{pm2} L_1^3} + \frac{48 E J_{pm1}^A (d_1 + d_2)}{L_1^3 d_2} \delta_K^A}, \frac{H}{M}, \quad (5.57)$$

боковая жесткость:

$$C_c^\delta = \frac{12 E J_{pm1}^\delta (d_1 + d_2)}{L_1^3 d_2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{d_1 J_{pm1}^\delta L_2^3}{d_2 J_{pm2}^\delta L_1^3} + \frac{12 E J_{pm1}^\delta (d_1 + d_2)}{L_1^3 d_2} \delta_K^\delta}, \frac{H}{M}, \quad (5.58)$$

где  $J_{pm1}^{A(\delta)}$ ,  $J_{pm2}^{A(\delta)}$  – лобовые (боковые) моменты инерции поперечного сечения отрезков вертикальных стоек рамы скипа, расположенных между кузовом и соответственно нижней и верхней балками рамы,  $m^4$ ;

$L_1$ ,  $L_2$  – расстояния по вертикали между кузовом и соответственно нижней и верхней балками рамы, м;

$d_1, d_2$  - расстояния по вертикали от центра масс грузевого скипа соответственно по нижней и верхней балке рамы, м;

$\delta_k^{\lambda(\delta)}$  =  $2,5 \cdot 10^{-9} \text{ м/Н}$  - величина, характеризующая податливость кузова в лобовом (боковом) направлении.

В соответствии с расчетной схемой скипа на рис.5.4

$$\begin{aligned} L_1 &= L_4 + h_7 - h_2, \text{ м}; & L_2 &= h_3 - L_4 - h_4 - h_1, \text{ м}; \\ d_1 &= Z_c - h_2, \text{ м}; & d_2 &= h_3 - h_1 - Z_c, \text{ м}. \end{aligned} \quad (5.59)$$

Если в нижней или верхней частях скипа вертикальные стойки рамы связаны между собой элементами конструкции затвора, обмотровой площадки или кожуха, значения величин  $L_1$  и  $L_2$  следует умножить на коэффициент 0,8.

5.5.1.3. Значения лобовой и боковой жесткостей окупа ( $C_c^{\lambda}$  и  $C_c^{\delta}$ ) с двухсторонними боковыми проводниками меняются друг с другом местами в случае одностороннего расположения проводников.

#### 5.5.2. Клетки.

Лобовая (боковая) жесткость:

для одноэтажных клеток

$$C_c^{\lambda(\delta)} = \frac{340 \cdot E J_{cm}^{\lambda(\delta)} \cdot m_c}{L^4 q_{cm}}, \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad (5.60)$$

для двухэтажных клеток

$$C_c^{\lambda(\delta)} = \frac{11 \cdot \sqrt{2}^4 E J_{cm}^{\lambda(\delta)} \cdot m_c}{L^4 q_{cm}}, \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad (5.61)$$

для трехэтажных клеток

$$C_c^{\lambda(\delta)} = \frac{55 \cdot \sqrt{3}^4 E J_{cm}^{\lambda(\delta)} \cdot m_c}{L^4 q_{cm}}, \frac{\text{Н}}{\text{м}}; \quad (5.62)$$

где  $m_c$  - масса порожней клетки, кг;

$J_{cm}^{1(\delta)}$  - усредненный лобовой (боковой) момент инерции поперечных сечений стоек клетки,  $m^4$ ;

$q_{cm}$  - усредненная линейная плотность стоек клетки,  $кг/м$ ;

$\gamma_2, \gamma_3$  - коэффициенты, определяемые по графикам рис.5.6 в зависимости от значения параметра  $Z$  :

$$Z_2 = 0,33 \left( \frac{m_c}{L q_{cm}} - 8 \right) \quad - \text{ для двухэтажной клетки,}$$

$$Z_3 = 0,25 \left( \frac{m_c}{L q_{cm}} - 8 \right) \quad - \text{ для трехэтажной клетки.}$$

Значения лобовой и боковой жесткостей ( $C_c^A$  и  $C_c^B$ ) клетки с двухсторонними боковыми проводниками меняются друг о другом местами в случае двухстороннего лобового расположения проводников.

5.5.3. Подъемные сосуды с диагональным расположением проводников.

Лобовые (боковые) жесткости сосудов определяются по формулам (5.56) - (5.58) и (5.60) - (5.62). При этом значения лобовых (боковых) моментов инерции поперечных сечений вертикальных стоек рамы скипа и клетки, входящие в указанные формулы, находятся соответственно из выражений:

$$J_{pmg}^{1(\delta)} = J_{pm}^{1(\delta)} \cos^2 \alpha + J_{pm}^{B(A)} \sin^2 \alpha, \quad m^4; \quad (5.63)$$

$$J_{cmg}^{1(\delta)} = J_{cm}^{1(\delta)} \cos^2 \alpha + J_{cm}^{B(A)} \sin^2 \alpha, \quad m^4. \quad (5.64)$$

5.6. Проверочный расчет параметров армировки по условию динамической устойчивости движения подъемного сосуда.

5.6.1. Система "сосуд-армировка" с двухсторонним располо-

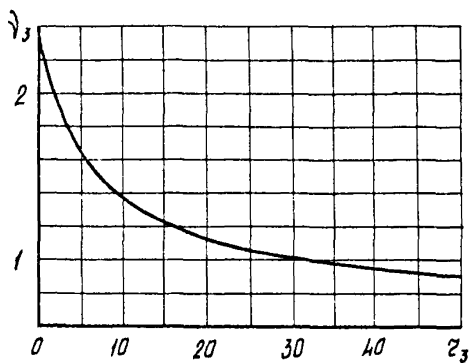
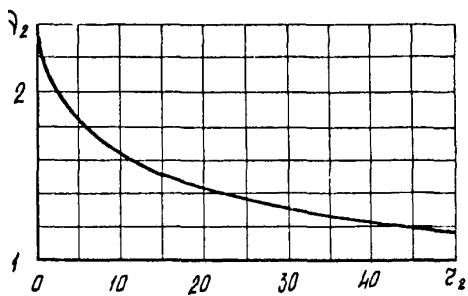


Рис. 5.6. Графики изменения коэффициентов  $\gamma_2$  и  $\gamma_3$  в зависимости от параметров  $z_2$  и  $z_3$ .

жением проводников относительно сосуда.

5.6.1.1. Проверка запаса устойчивости по отношению к лобовым колебаниям сосуда.

Средняя лобовая жесткость расстрелов для обеих ниток проводников:

$$C^A = \sqrt{C_1^A \cdot C_2^A} \cdot \frac{H}{M}, \quad (5.65)$$

где  $C_1^A$  и  $C_2^A$  - лобовые жесткости расстрелов в местах крепления проводников сосуда, Н/м (при четырехпроводниковой схеме  $C_{1(2)}^A$  - сумма значений жесткостей расстрелов в местах крепления проводников, расположенных с одной стороны сосуда).

Коэффициент относительной жесткости армировки:

$$\gamma^A = \frac{C^A}{C_c^A} \quad - \text{при боковых проводниках}; \quad (5.66)$$

$$\gamma^A = \frac{C^A}{C_c^A} \quad - \text{при лобовых проводниках},$$

где  $C_c^A$  - лобовая (боковая) жесткость сосуда, Н/м,

Обобщенный безразмерный параметр лобовой жесткости армировки:

$$\sigma^A = \frac{C^A h^3}{6EJ^A}, \quad (5.67)$$

где  $J^A$  - лобовый момент инерции сечения проводника, м<sup>4</sup>;

$h$  - шаг армировки, м.

Обобщенный безразмерный параметр лобовой жесткости системы "сосуд-армировка":

$$\sigma_{экр}^A = \frac{\sigma^A}{1 + \gamma^A}. \quad (5.68)$$

Параметр демумплификационного резонанса -  $M^A$ . Определяется из графика рис.5.7 в зависимости от  $\lg \sigma_{экр}^A$ . Для значений  $\sigma_{экр}^A < 1$   $M^A = 0.5$ .

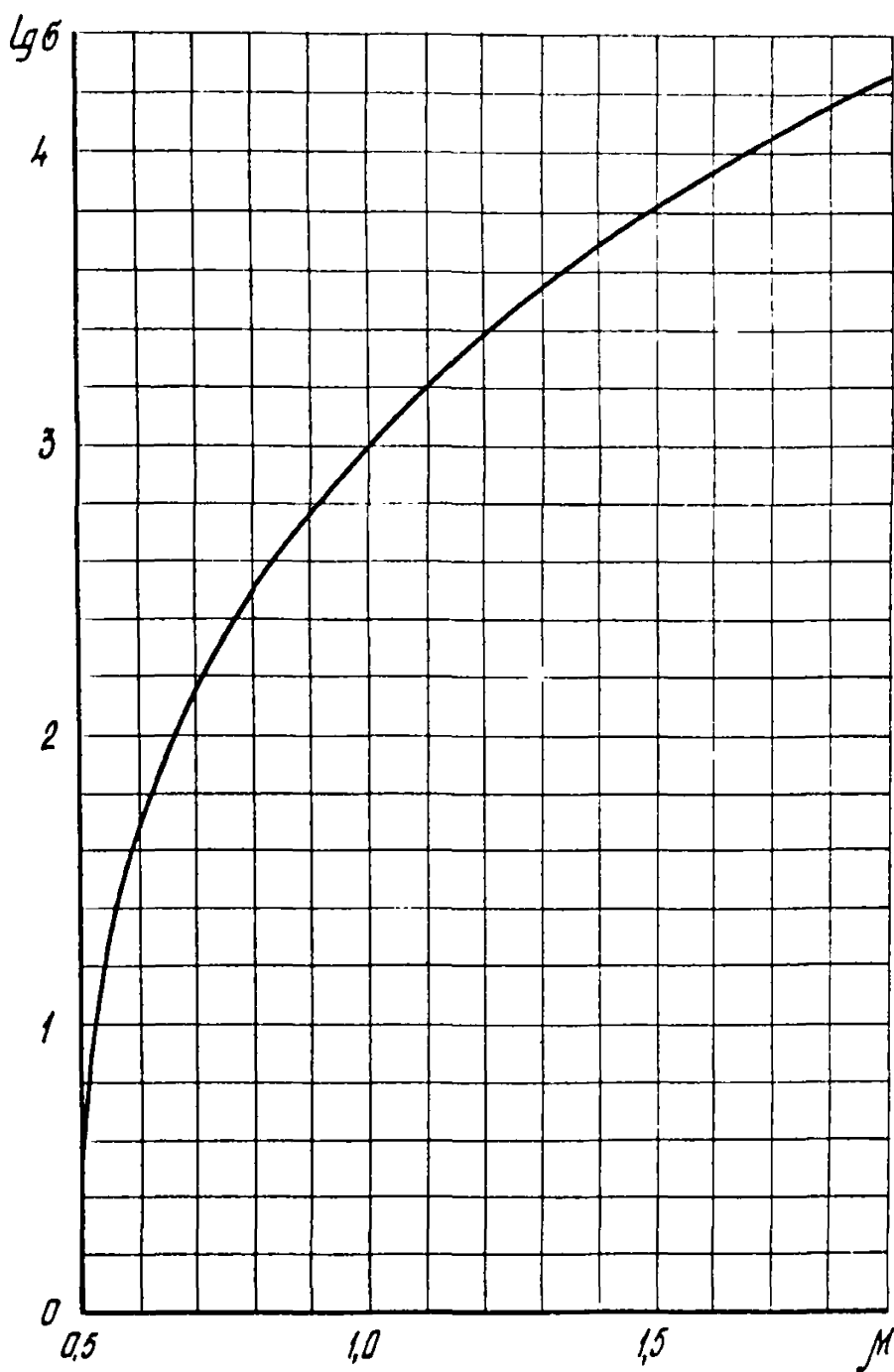


Рис.5.7. График изменения параметра демумплификационного резонанса  $M$  в зависимости от  $Lg b$

Допустимый запас устойчивости:

$$\begin{aligned} [K^A] &= 3,75 (1,3 \mu^A - 0,21) \quad \text{при } \mu^A < 0,9, \\ [K^A] &= 3,6 \quad \text{при } \mu^A \geq 0,9. \end{aligned} \quad (5.69)$$

Мультипликаторы частот поворотных лобовых колебаний грузе-ного сосуда:

$$\lambda_{\varphi}^2 = \frac{mL^2}{4J_{\varphi}} \quad \text{— при боковом расположении проводников;} \quad (5.70)$$

$$\lambda_{\varphi}^2 = \frac{mL^2}{4J_{\varphi g}} \quad \text{— при диагональном расположении провод-} \quad (5.71)$$

ников;

$$\lambda_{\psi}^2 = \frac{mL^2}{4J_{\psi}} \quad \text{— при лобовом расположении проводников,} \quad (5.72)$$

где  $J_{\varphi}$ ,  $J_{\varphi g}$ ,  $J_{\psi}$  — центральные моменты инерции грузе-ного сосуда, кг.м<sup>2</sup>.

$L$  — расстояние по вертикали между нижними и верхними жест-кими рабочими или предохранительными направляющими сосуда, м.

Экцентриситет центра масс грузе-ного сосуда:

$$e = \left| \frac{A-B}{A+B} \right|, \quad (5.73)$$

где  $A$  и  $B$  — расстояния от горизонтальной плоскости, прохо-дящей через центр масс грузе-ного сосуда, до его нижних и верхних жестких рабочих или предохранительных направ-ляющих, м.

Обобщенный мультипликатор частот лобовых колебаний сосуда:

$$\rho^A = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \lambda_{\varphi}^2 (1+e^2) - \sqrt{[1 + \lambda_{\varphi}^2 (1+e^2)]^2 - 4\lambda_{\varphi}^2} \right\}. \quad (5.74)$$

Относительная средняя лобовая жесткость проводников:

$$\varepsilon^{\Lambda} = \frac{\varepsilon_{\text{ср}}^{\Lambda}}{1 + \varepsilon_{\text{ср}}^{\Lambda} \gamma^{\Lambda}}, \quad (5.75)$$

где  $\varepsilon_{\text{ср}}^{\Lambda}$  определяется по графику рис.5.8. в зависимости от  $\lg \sigma^{\Lambda}$ .

$$\text{Для } \sigma^{\Lambda} < 1 \quad \varepsilon_{\text{ср}}^{\Lambda} = \sqrt[4]{\frac{32}{3\sigma^{\Lambda}}}. \quad (5.76)$$

Действительный запас устойчивости:

$$K^{\Lambda} = \frac{c^{\Lambda} \varepsilon^{\Lambda} \rho^{\Lambda} h^2}{2\pi^2 (k_{\rho} m)^2 (m v^2)} \geq [K^{\Lambda}], \quad (5.77)$$

где  $m$  и  $v$  - масса и скорость движения груженого сосуда, кг  
и м/с;

$k_{\rho}$  - коэффициент, зависящий от типа рабочих направляющих  
поцъемного сосуда:

$k_{\rho} = 1,0$  - при жестких направляющих скольжения,

$k_{\rho} = 0,85$  - при упругих роликовых направляющих.

Допустимая скорость движения сосуда при заданной его массе  
по отношению к лобовым колебаниям:

$$[V_v^{\Lambda}] = v \sqrt{\frac{K^{\Lambda}}{[K^{\Lambda}]}} \cdot \frac{m}{c}. \quad (5.78)$$

Допустимая масса сосуда при заданной скорости его движения  
по отношению к лобовым колебаниям:

$$[m_v^{\Lambda}] = m \frac{K^{\Lambda}}{[K^{\Lambda}]}. \quad (5.79)$$

5.6.1.2. Проверка запаса устойчивости по отношению к боковым  
колебаниям сосуда.

Коэффициенты относительной жесткости арматуры:



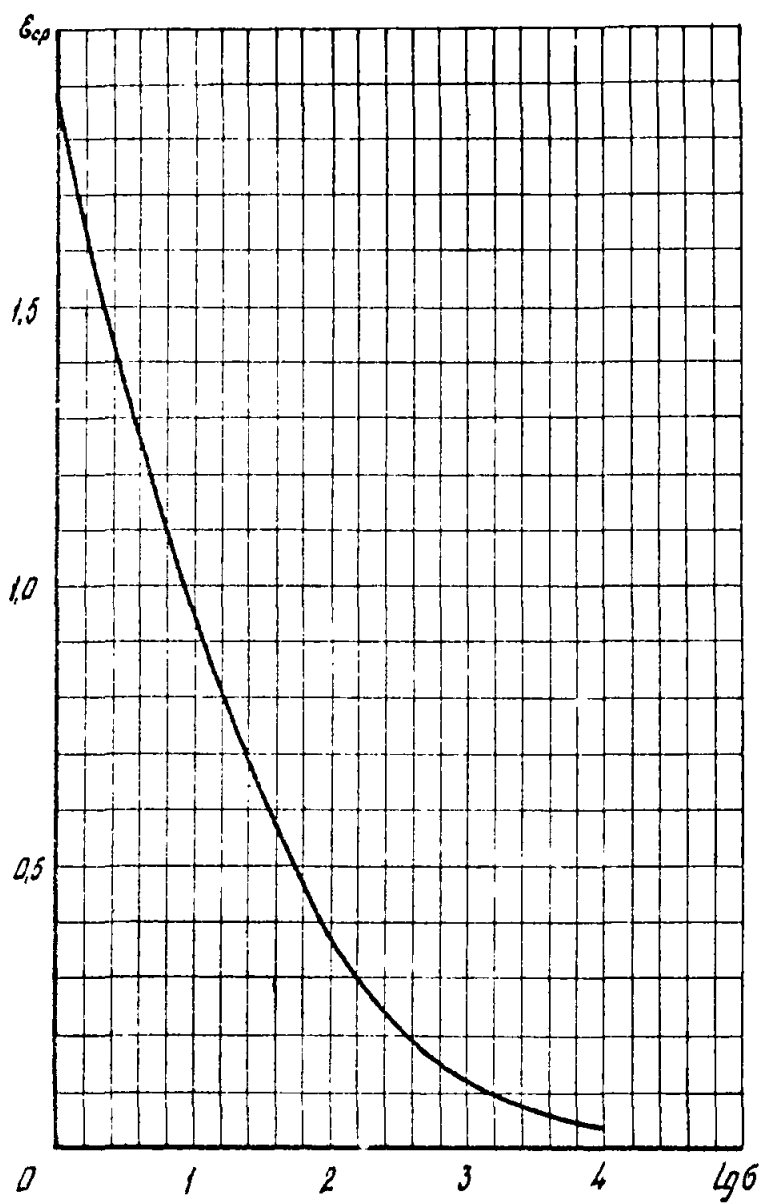


Рис.5.8. График изменения относительной средней жесткости проводников  $\epsilon_{ср}$  в зависимости от  $\lg b$

$$\gamma_1^\delta = \frac{C_1^\delta}{C_e^\delta}; \quad \gamma_2^\delta = \frac{C_2^\delta}{C_e^\delta} \quad - \text{при боковых проводниках;} \quad (5.80)$$

$\gamma_1^\delta = \frac{C_1^\delta}{C_e^\delta}; \quad \gamma_2^\delta = \frac{C_2^\delta}{C_e^\delta}$  - при лобовых проводниках,  
 где  $C_1^\delta$  и  $C_2^\delta$  - боковые жесткости расстрелов в местах крепления проводников сосуда, Н/м (при четырехпроводниковой схеме  $C_{(12)}^\delta$  - сумма значений жесткостей расстрелов в местах крепления проводников, расположенных с одной стороны сосуда);

$C_e^{\delta(n)}$  - боковая (лобовая) жесткость сосуда, Н/м.

Обобщенные безразмерные параметры боковой жесткости армировки:

$$\sigma_1^\delta = \frac{C_1^\delta h^3}{6EJ^\delta}; \quad \sigma_2^\delta = \frac{C_2^\delta h^3}{6EJ^\delta}, \quad (5.81)$$

где  $J^\delta$  - боковой момент инерции поперечного сечения проводника, м<sup>4</sup>

Обобщенные безразмерные параметры боковой жесткости системы "сосуд-армировка":

$$\sigma_{1экв}^\delta = \frac{\sigma_1^\delta}{1 + \gamma_1^\delta}; \quad \sigma_{2экв}^\delta = \frac{\sigma_2^\delta}{1 + \gamma_2^\delta}. \quad (5.82)$$

Параметр демультимпликативного резонанса -  $M^\delta$ . Определяется из графика рис. 5.7 в зависимости от  $lg(\sigma_{экв}^\delta)_{min}$  (по меньшему значению  $\sigma_{1экв}^\delta$  и  $\sigma_{2экв}^\delta$ ). При  $\sigma_{экв}^\delta < 1$   $M_w^\delta = 0,5$ .

Допустимый запас устойчивости:

$$\begin{aligned} \kappa^\delta &= 3,75(1,3M^\delta - 0,21) && \text{при } M^\delta < 0,9, \\ \kappa^\delta &= 3,6 && \text{при } M^\delta \geq 0,9. \end{aligned} \quad (5.83)$$

Относительные средние боковые жесткости проводников:

$$\epsilon_1^\delta = \frac{\epsilon_{1ср}^\delta}{1 + \gamma_1^\delta}; \quad \epsilon_2^\delta = \frac{\epsilon_{2ср}^\delta}{1 + \gamma_2^\delta}, \quad (5.84)$$

где  $\epsilon_{1cp}^{\delta}$  и  $\epsilon_{2cp}^{\delta}$  определяются из графика рис.5.8 в зависимости от  $\lg b_{1зкв}^{\delta}$  и  $\lg b_{2зкв}^{\delta}$ .

$$\text{Для } b_{зкв}^{\delta} < 1 \quad \epsilon_{cp}^{\delta} = \sqrt[4]{\frac{32}{3 b_{зкв}^{\delta}}}. \quad (5.85)$$

Коэффициент неоднородности упругих характеристик проводников:

$$q = 1 - \left( \frac{b_2^{\delta} \epsilon_2^{\delta} - b_1^{\delta} \epsilon_1^{\delta}}{b_2^{\delta} \epsilon_2^{\delta} + b_1^{\delta} \epsilon_1^{\delta}} \right)^2. \quad (5.86)$$

Мультипликаторы частот поворотных боковых колебаний сосуда:

$$\lambda_{\psi}^2 = \frac{m L^2}{4 J_{\psi}} - \text{при боковом расположении проводников}; \quad (5.87)$$

$$\lambda_{\psi}^2 = \frac{m L^2}{4 J_{\psi g}} - \text{при диагональном расположении проводников}; \quad (5.88)$$

$$\lambda_{\psi}^2 = \frac{m L^2}{4 J_{\varphi}} - \text{при лобовом расположении проводников}; \quad (5.89)$$

$$\lambda_{\theta}^2 = \frac{m S^2}{4 J_{\theta}}, \quad (5.90)$$

где  $J_{\theta}$  - центральный момент инерции грузевого сосуда, кг.м<sup>2</sup>.

Обобщенный мультипликатор частот боковых колебаний сосуда -  $\rho^{\delta}$ .

Определяется как наименьший корень кубического уравнения:

$$\rho^3 - \rho^2[\lambda_{\psi}^2(1+e^2) + \lambda_{\theta}^2 + 1] + \rho[\lambda_{\psi}^2 \lambda_{\theta}^2(1+e^2 q) + \lambda_{\theta}^2 q + \lambda_{\psi}^2] - \lambda_{\psi}^2 \lambda_{\theta}^2 q = 0. \quad (5.91)$$

Кубическое уравнение (5.91) решается либо методом подстановки, для чего его можно представить в более удобном для решения виде:

$$\rho(\rho - a) + b) - c = 0, \quad (5.92)$$

либо по итерационной формуле Ньютона. Второй способ решения приведен в примере расчета (приложение 2).

Действительный запас устойчивости:

$$\kappa^{\delta} = \frac{H^2 \rho^{\delta} (C_1^{\delta} \epsilon_1^{\delta} + C_2^{\delta} \epsilon_2^{\delta})}{2\pi^2 (k_p m^{\delta})^2 (m v^2)} \gg [\kappa^{\delta}]. \quad (5.93)$$

Допустимая скорость движения сосуда при заданной его массе по отношению к боковым колебаниям:

$$[V_y^{\delta}] = v \sqrt{\frac{\kappa^{\delta}}{[N^{\delta}]}} \cdot \frac{m}{c}. \quad (5.94)$$

Допустимая масса сосуда при заданной его скорости движения по отношению к боковым колебаниям:

$$[m_y^{\delta}] = m \frac{\kappa^{\delta}}{[N^{\delta}]}. \quad (5.95)$$

5.6.1.3. Допустимые скорость и масса сосуда по фактору устойчивости движения:

$$[V_y] = \min \{ [V_y^A], [V_y^{\delta}] \} \cdot \frac{m}{c}; \quad (5.96)$$

$$[m_y] = \min \{ [m_y^A], [m_y^{\delta}] \}, \text{ кг}. \quad (5.97)$$

5.6.2. Система "сосуд-армировка" с односторонним расположением проводников относительно сосуда.

5.6.2.1. Проверка запаса устойчивости по отношению к лобовым колебаниям сосуда.

Средние жесткости расстрелов для обеих ниток проводников в лобовом и боковом направлениях:

$$C^A = \sqrt{C_1^A \cdot C_2^A} \cdot \frac{H}{M}; \quad C^{\delta} = \sqrt{C_1^{\delta} \cdot C_2^{\delta}} \cdot \frac{H}{M}. \quad (5.98)$$

Коэффициенты относительной жесткости армировки в лобовом и боковом направлениях:

$$\gamma^A = \frac{C^A}{C_c^A}; \quad \gamma^{\delta} = \frac{C^{\delta}}{C_c^{\delta}} \quad - \text{ для клеток};$$

$$\gamma^A = \frac{C^A}{C_c^{\delta}}; \quad \gamma^{\delta} = \frac{C^{\delta}}{C_c^A} \quad - \text{ для скипов}.$$

Обобщенные безразмерные параметры жесткости армировки в лобовом и боковом направлениях:

$$\sigma^A = \frac{C^A h^3}{6EJ^A}, \quad \sigma^\delta = \frac{C^\delta h^3}{6EJ^\delta}.$$

Обобщенный безразмерный параметр лобовой жесткости системы "сосуд-армировка":

$$\sigma_{экв}^A = \frac{\sigma^A}{1+\gamma^A}.$$

Параметр демultiпликационного резонанса -  $\mu^A$ . Определяется из графика рис.5.7 в зависимости от  $\lg \sigma_{экв}^A$ . Для значений  $\sigma_{экв}^A < 1$   $\mu^A = 0,5$ .

Допустимый запас устойчивости:

$$[K^A] = 3,75(1,3\mu^A - 0,21) \quad \text{при} \quad \mu^A < 0,9,$$

$$[K^A] = 3,6 \quad \text{при} \quad \mu^A \geq 0,9.$$

Обобщенный безразмерный параметр боковой жесткости системы "сосуд-армировка":

$$\sigma_{экв}^\delta = \frac{\sigma^\delta}{1+\gamma^\delta}.$$

Относительные средние жесткости проводников в лобовом и боковом направлениях:

$$\epsilon^A = \frac{\epsilon_{ср}^A}{1+\gamma^A \epsilon_{ср}^A}; \quad \epsilon^\delta = \frac{\epsilon_{ср}^\delta}{1+\gamma^\delta \epsilon_{ср}^\delta},$$

где  $\epsilon_{ср}^A$  и  $\epsilon_{ср}^\delta$  определяется из графика рис.5.8 в зависимости от  $\lg \sigma^A$  и  $\lg \sigma_{экв}^\delta$ .

Для  $\sigma^A < 1$  и  $\sigma_{экв}^\delta < 1$  значения  $\epsilon_{ср}$  определяются по формулам (5.76, и (5.85).

Отношение средней боковой и средней лобовой жесткостей:

$$\rho = \frac{C^\delta \epsilon_{ср}^\delta}{C^A \epsilon_{ср}^A}. \quad (5.99)$$

Мультипликаторы частот поворотных лобовых и боковых колебаний:

$$\begin{aligned} \lambda_{\psi}^2 &= \frac{mL^2}{4J_{\psi}}, & \lambda_{\psi}^2 &= \frac{mL^2}{4J_{\psi}} & - \text{ для клеток;} \\ \lambda_{\psi}^2 &= \frac{mL^2}{4J_{\psi}}, & \lambda_{\psi}^2 &= \frac{mL^2}{4J_{\psi}} & - \text{ для скипов;} \\ \lambda_1^2 &= \frac{mS^2}{4J_{\phi}}, & \lambda_2^2 &= \frac{mN^2}{4J_{\phi}}, & \end{aligned} \quad (5.100)$$

где  $S$  — ширина колеи, м;

$N$  — габарит подъемного сосуда в направлении, перпендикулярном плоскости проводников, м.

Эксцентриситет центра масс  $\Gamma$  уложенного сосуда :

$$e = \left| \frac{A-B}{A+B} \right|.$$

Обобщенный мультипликатор частот лобовых колебаний сосуда —  $\rho^A$

Предварительно определяются величины

$$\rho_1^A = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \lambda_{\psi}^2 (1+e^2) - \sqrt{[1 + \lambda_{\psi}^2 (1+e^2)]^2 - 4\lambda_{\psi}^2} \right\} \quad (5.101)$$

и  $\rho_2^A$  как наименьший корень уравнения:

$$\begin{aligned} \rho^3 - \rho^2 \{ \lambda_1^2 + \rho [1 + \lambda_{\psi}^2 (1+e^2) + \lambda_2^2] \} + \rho \{ \rho^2 \lambda_{\psi}^2 (1 + \lambda_2^2) + \\ + \rho [ \lambda_{\psi}^2 \lambda_1^2 (1+e^2) + \lambda_1^2 ] \} - \rho^2 \lambda_{\psi}^2 \lambda_1^2 = 0. \end{aligned} \quad (5.102)$$

Искомая величина  $\rho^A$  является меньшей из  $\rho_1^A$  и  $\rho_2^A$ .

Действительный запас устойчивости:

$$K^A = \frac{0,076 \cdot \rho^A \epsilon^A \rho^A h^2}{(k_{\rho} M^A)^2 (m v^2)} \geq [K^A]. \quad (5.103)$$

Допустимая скорость движения при заданной массе и допустимая масса сосуда при заданной скорости движения по отношению к лобо-

ным колебаниям:

$$[V_y^A] = V \sqrt{\frac{K^A}{[K^A]}} \cdot \frac{M}{c} ; \quad [m_y^A] = m \frac{K^A}{[K^A]} \cdot \text{кг.}$$

5.6.2.2. Проверке запаса устойчивости по отношению к боковым колебаниям сосуда.

Обобщенный мультипликатор частот боковых колебаний сосуда -  $\rho^\delta$ . Он является вторым по величине корнем кубического уравнения (5.102).

Параметр демультипликационного резонанса -  $M^\delta$ . Определяется из графика рис. 5.7 в зависимости от  $\lg \rho_{\text{экс}}^\delta$ . Для значений  $\lg \rho_{\text{экс}}^\delta < 1$   $M^\delta = 0,5$ .

Допустимый запас устойчивости:

$$[K^\delta] = 3,75 (1,3 M^\delta - 0,21) \quad \text{при} \quad M^\delta < 0,9,$$

$$[K^\delta] = 3,6 \quad \text{при} \quad M^\delta \geq 0,9.$$

Действительный запас устойчивости:

$$K^\delta = \frac{\sigma^4 \delta^4 \rho^\delta h^2}{\pi^2 (k_p M^\delta)^2 (m V^2)} \geq [K^\delta]. \quad (5.104)$$

Допустимая скорость движения при заданной массе и допустимая масса сосуда при заданной скорости движения по отношению к боковым колебаниям:

$$[V_y^\delta] = V \sqrt{\frac{K^\delta}{[K^\delta]}} \cdot \frac{M}{c} ; \quad [m_y^\delta] = m \frac{K^\delta}{[K^\delta]} \cdot \text{кг.}$$

5.6.2.3. Допустимые скорость и масса сосуда по фактору устойчивости движения:

$$[V_y] = \min \{ [V_y^A], [V_y^\delta] \}, \frac{M}{c} ;$$

$$[m_y] = \min \{ [m_y^A], [m_y^\delta] \}, \text{кг.}$$

5.6.3. При  $K^A \geq [K^A]$  и  $K^B \geq [K^B]$  и соответствующем качестве строительно-монтажных работ выбранные параметры конструкции армировки и сосуда обеспечивают эксплуатацию подъемной установки в устойчивом динамическом режиме. В случае, если действительный запас устойчивости меньше допустимого ( $K^{A(B)} < [K^{A(B)}]$ ), необходимо принять больший типоразмер проводника или расстрела, применить дополнительные охваты или упоры. Повысить запас устойчивости можно также путем вариации шага армировки, изменения жесткостных и геометрических параметров сосуда.

5.7. Расчет элементов армировки на горизонтальные и вертикальные нагрузки.

#### 5.7.1. Горизонтальные нагрузки и.

Расчет на горизонтальные динамические нагрузки, возникающие при взаимодействии движущегося подъемного сосуда с проводниками жесткой армировки, проводится с целью проверки на прочность элементов армировки и кинематическую связь жестких рабочих или грузохранительных направляющих сосуда с проводниками.

Расчет на прочность выполняется для обеих ниток проводников раздельно в лобовом и боковом направлениях. Для систем с односторонним расположением проводников относительно сосуда расчет выполняется по средним значениям лобовой и боковой жесткости.

Проверка на кинематическую связь сосуда с проводниками проводится только для систем с двухсторонним расположением проводников относительно сосуда в лобовом направлении.

Определяемые настоящим расчетом значения горизонтальных нагрузок принимаются также для расчета элементов конструкций станков копров и сопряжений ствола с горизонтальными выработками на участках максимальной равномерной скорости швигания груженого сосуда.



Расчет армировки на горизонтальные нагрузки целесообразно сводить в таблицу, как это показано в примере расчета (прил.2).

5.7.1.1. Горизонтальная сила, действующая на проводник в лобовом (боковом) направлении:

$$P^{(\delta)} = \frac{2\pi^2 \delta k_p^2 (m v^2)}{h^2} \cdot \eta^{(\delta)}, \text{ Н.} \quad (5.105)$$

где  $\delta$  - зазор на сторону между рабочими или предохранительными направляющими скольжения и проводником;

$\delta = 0,01\text{м}$  - для рельсовых проводников;

$\delta = 0,015\text{м}$  - для сварных коробчатых;

$\delta = 0,02\text{м}$  - для деревянных.

$k_p$  - коэффициент, зависящий от типа рабочих направляющих (см. п.5.6.1.1);

$\eta^{(\delta)}$  - коэффициент, определяемый по табл.5.4 в зависимости от значений эксцентриситета центра масс груженого со-  
суда  $P$ , относительного искривления проводников  $\frac{\Delta}{\delta}$   
и параметра  $Lg b_i^{(\delta)}$ .

Таблица 5.4.

$Lg b$		0,0-0,6	0,6-1,2	1,2-1,8	1,8-2,4	2,4-3,0	3,0-3,6
$\delta/\delta$	$e$	Значения коэффициента $\eta^{(\delta)}$					
0	0	0,91	0,89	0,70	0,60	0,54	0,51
	0,2	1,14	1,09	0,84	0,72	0,64	0,62
	0,5	1,59	1,53	1,20	1,02	0,90	0,82
0,5	0	1,25	1,05	0,75	0,66	0,61	0,59
	0,2	1,42	1,25	0,95	0,78	0,73	0,71
	0,5	2,04	1,70	1,31	1,10	1,00	0,95
1,0	0	1,58	1,40	1,03	0,81	0,79	0,73
	0,2	1,88	1,66	1,25	0,95	0,93	0,85
	0,5	2,45	2,08	1,52	1,22	1,12	1,07
Примечания.1. Промежуточные значения $\eta^{(\delta)}$ определяются методом интерполяции.							
2. Для граничных значений $Lg b_i^{(\delta)}$ коэффициент $\eta^{(\delta)}$ принимается средним для смежных диапазонов.							

При расчетном значении  $P^{(\delta)} < 0,08 \text{ тг}$  следует принимать  $P^{(\delta)} = 0,08 \text{ тг}$ , где  $g$  - ускорение свободного падения.

Относительные искривления проводника  $\frac{\Delta}{\delta}$  при соблюдении требований "Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах" принимаются равными:

$$\frac{\Delta}{\delta} = 0,5 \text{ - для рельсовых, } \frac{\Delta}{\delta} = 0,35 \text{ - для деревянных и}$$

$$\frac{\Delta}{\delta} = 0,25 \text{ - для сварных коробчатых проводников.}$$

5.7.1.2. Координата точки приложения силы на пролете между ярусами -  $\xi_i^{(\delta)}$ .

Определяется из графиков рис.5.9 в зависимости от значений параметров  $\frac{\Delta}{\delta}$  и  $Lg\sigma^{(\delta)}$ .

5.7.1.3. Изгибающие моменты и перерезывающие силы.

Изгибающий момент  $M_p^{(\delta)}$  под силой  $P^{(\delta)}$  и максимальная перерезывающая сила  $Q^{(\delta)}$  на ярусе в лобовом (боковом) направлении:

$$M_p^{(\delta)} = P^{(\delta)} h \beta_m^{(\delta)}, \text{ Н.м;} \quad (5.106)$$

$$Q^{(\delta)} = P^{(\delta)} \beta_q^{(\delta)}, \text{ Н,} \quad (5.107)$$

где  $\beta_m^{(\delta)}$  и  $\beta_q^{(\delta)}$  - коэффициенты нагрузок, определяемые из соответствующих графиков рис.5.10 в зависимости от значений параметров  $Lg\sigma^{(\delta)}$ ,  $b_x$  и  $\xi^{(\delta)}$ .

Безразмерный параметр  $b_x$  в зависимости от типа проводника и направления действия силы принимается равным:

для рельсовых проводников

$$b_x = 0 \text{ при лобовой нагрузке,}$$

$$b_x = \infty \text{ при боковой нагрузке;}$$

для коробчатых и деревянных проводников

$$b_x = 0 \text{ при лобовой и боковой нагрузках.}$$

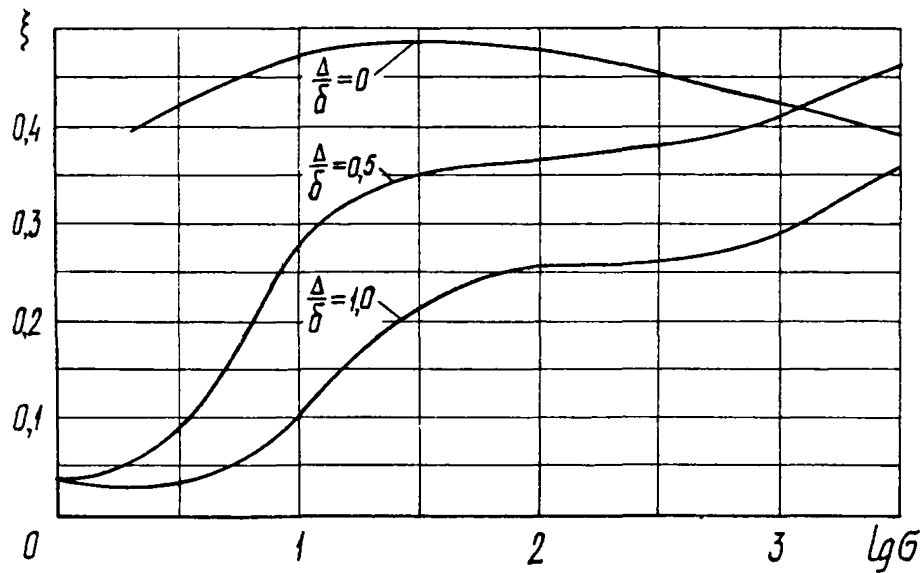


Рис.5.9. Графики изменения координаты  $\xi$  точки приложения силы на пролете между ярусами в зависимости от  $\lg b$  и параметра  $\frac{\Delta}{\delta}$

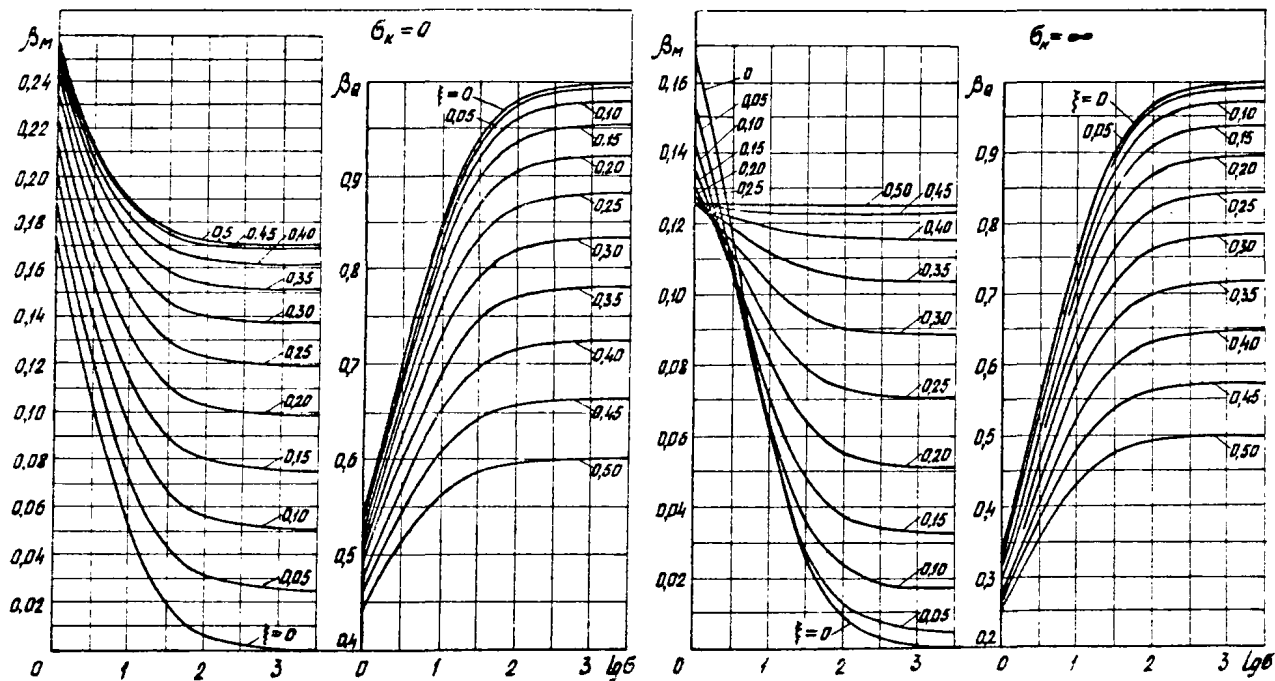


Рис.5.10. Графики изменения коэффициентов нагрузок  $\beta_M$  и  $\beta_R$  в зависимости от  $\lg b$  и координаты  $\xi$  точки приложения силы для значений параметра  $b_k = 0$  и  $b_k = \infty$

## 5.7.1.4. Прогибы проводника.

Прогиб под силой  $P^A$  :

$$f_p^A = \frac{P^A}{C_i^A f(\xi_p)} \leq [f], \text{ м}, \quad (5.108)$$

где  $C_i^A$  - значение лобовой жесткости расстрела в точке крепления первого ( $C_1^A$ ) или второго ( $C_2^A$ ) проводника, Н/м;

$f(\xi_p)$  - безразмерная функция жесткости проводника под силой (координата  $\xi_p$ ), определяемая из графиков рис.5.11;

$[f]$  - допустимый прогиб проводника:

$$[f] = 0,015 \text{ м} - \text{ для рельсовых и деревянных,}$$

$$[f] = 0,045 \text{ м} - \text{ для коробчатых проводников.}$$

Прогиб на ярусе:

$$f_o^A = \frac{Q^A}{C_i^A f(\xi_o)} \leq [f], \text{ м}, \quad (5.109)$$

где  $f(\xi_o)$  - безразмерная функция жесткости проводника на ярусе (координата  $\xi_o = 0$ ), определяемая из графиков рис.5.11.

Допустимая скорость движения и масса сосуда по фактору кинематической связи его направляющих с проводниками:

$$[V_k] = v \sqrt{\frac{[f]}{f}}, \frac{\text{ м}}{\text{ с}} ; \quad [m_k] = m \frac{[f]}{f}, \text{ кг.}$$

5.7.1.5. Напряжения проводника под силой  $P^A(\delta)$  :

$$\sigma_u^{A(\delta)} = \frac{M_p^{A(\delta)}}{W^{A(\delta)}} \leq [\sigma_u], \text{ МПа}, \quad (5.110)$$

где  $W^{A(\delta)}$  момент сопротивления поперечного сечения проводника, м<sup>3</sup>;

$[\sigma_u]$  - допустимое напряжение проводника на изгиб

для рельсовых проводников

$$[\sigma_u] = 350 \text{ МПа } (3500 \text{ кг/см}^2) \dots$$

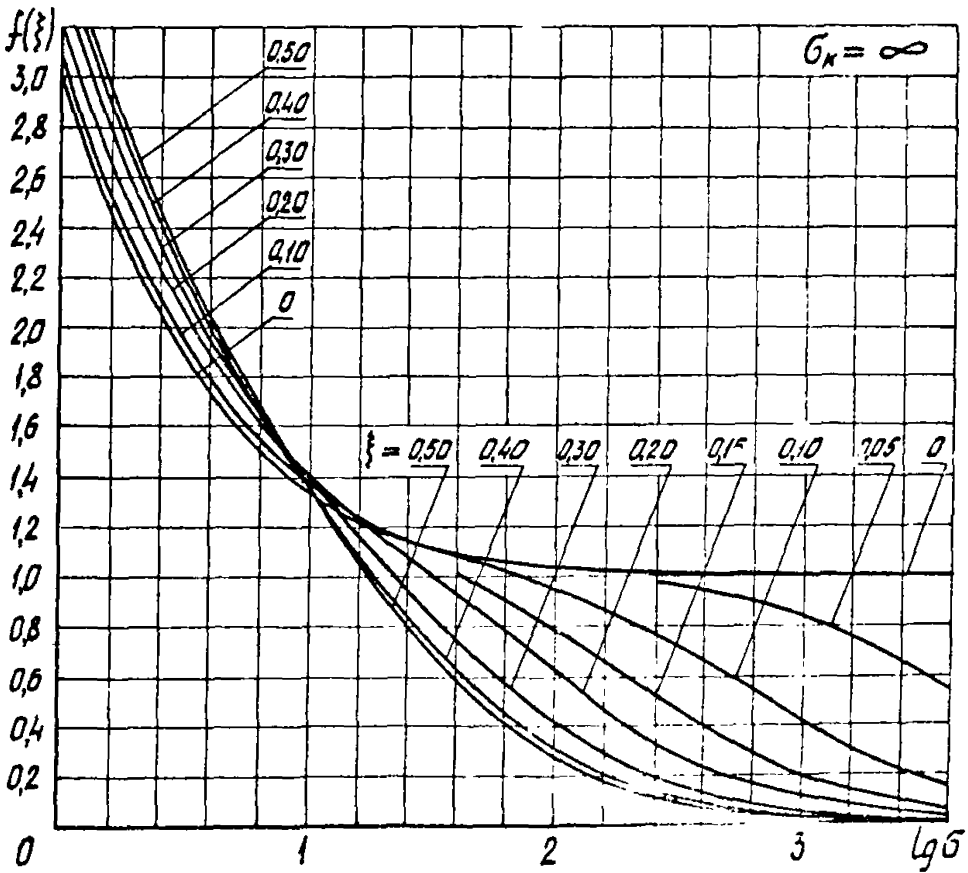
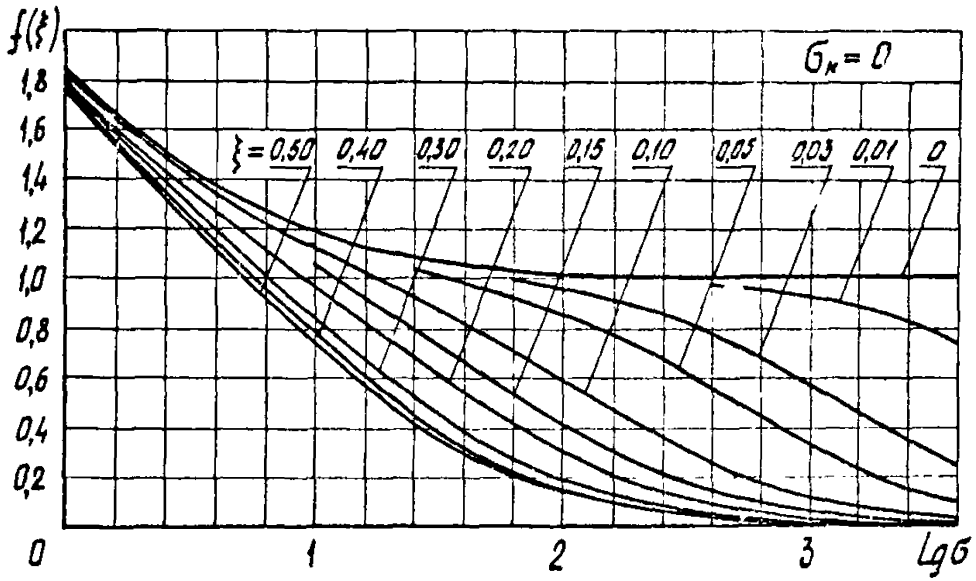


Рис. 5. II. Графики изменения функции жесткости  $f(\xi)$  проводника в зависимости от  $\lg b$  и координаты  $\xi$  точки приложения силы для значений параметра  $\sigma_k = 0$  и  $\sigma_k = \infty$

~~$[G_u] = 230 \text{ МПа} (2300 \text{ кг/см}^2)$  — для стали Ст 3 Пс,~~

для коробчатых проводников

$[G_u] = 230 \text{ МПа} (2300 \text{ кг/см}^2)$  — для стали Ст 3 Пс,

$[G_u] = 350 \text{ МПа} (3500 \text{ кг/см}^2)$  — для сталей 10ХСНД  
и 15ХСНД.

Допустимые скорость и масса сосуда по фактору прочности:

$$[V_n] = \gamma \sqrt{\frac{[G_u]}{G_u}}, \frac{m}{c}; \quad [m_n] = m \frac{[G_u]}{G_u}, \text{ кг.}$$

5.7.1.6. Допустимые скорость и масса сосуда:

$$[V] = \min \{ [V_y], [V_x], [V_n] \}, \frac{m}{c}; \quad [m] = \min \{ [m_y], [m_x], [m_n] \}, \text{ кг.}$$

5.7.2. Вертикальные нагрузки.

Расчет ведется на статические вертикальные нагрузки, действующие на расстрелы от собственной массы металлоконструкции армировки.

Наиболее неблагоприятным случаем нагружения расстрелов является момент предварительной развески элементов металлоконструкции на отдельные расстрелы при монтаже армировки.

Расстрел рассчитывается на прочность при действии на него вертикальных сосредоточенных сил в местах навески проводников, распределенной нагрузки от собственного веса расстрела и других возможных нагрузок (обшивочные щиты, трубопроводы и т.п.).

Величина и место действия сосредоточенных нагрузок от веса предварительно развешиваемых звеньев проводников, труб и т.п. определяются их количеством и организацией работ при монтаже.

5.8. Расчет глубины заделки концов расстрельных балок в крепь ствола.

Глубины заделок определяются в зависимости от значения горизонтальной нагрузки, точки ее приложения на расстреле, типоразмера расстрельной балки и схемы ее закрепления, марки бетона.

Расчетные значения глубин заделок определяются по формуле:

$$t_p = t \frac{1 + \cos \omega_p}{2 \cos \omega_p}, \text{ м}, \quad (5.111)$$

где  $t$  - значения глубин заделок, определяемые из выражений (5.112), (5.118) и (5.120) в зависимости от типа и схемы закрепления расстрельной балки, м;

$\omega_p$  - угол между продольной осью расстрельной балки и нормалью к поверхности крепи ствола в месте заделки, град.

Глубину заделок концов расстрелов принимать не менее:

$t_p = 0,30\text{м}$  - для расстрелов с двумя закрепленными концами при  $\omega_p \leq 30^\circ$ ;

$t_p = 0,35\text{м}$  - для расстрелов с двумя закрепленными концами при  $\omega_p > 30^\circ$ ;

$t_p = 0,45\text{м}$  - для консольных одинарных расстрелов;

$t_p = 0,40\text{м}$  - для консольных П-образных расстрелов;

$t_p = 0,25\text{м}$  - для расстрелов лестничного отделения и упоров.

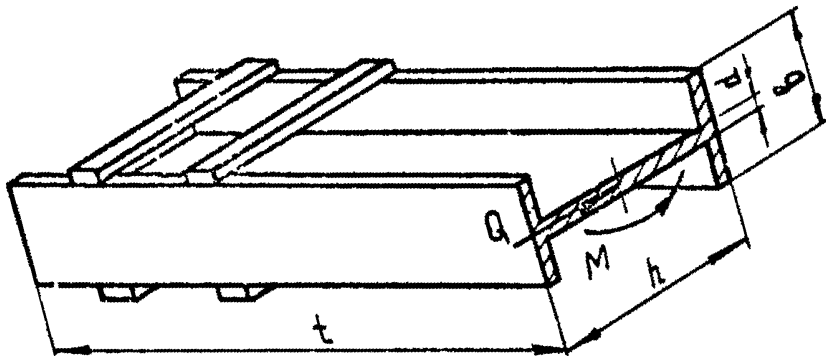
В случае, если  $t_p > 0,8\text{м}$ , следует принимать  $t_p = 0,8\text{м}$ .

Значения глубин заделок  $t$  для различных схем закрепления балок приведены в приложении 6.

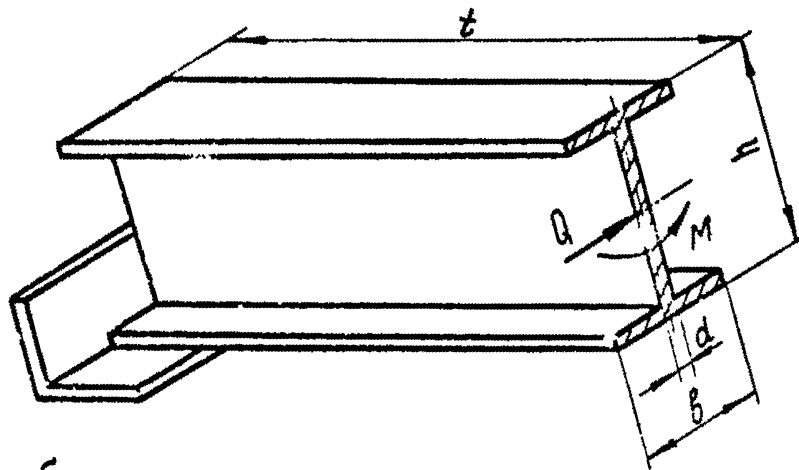
#### 5.8.1. Консольные расстрелы.

Рассматриваются расстрелы, изготовленные из двутавровых балок с горизонтально или вертикально расположенными стойками и балкой коробчатого профиля (рис.5.12). Другие возможные конструкции расстрелов можно свести к указанным. Так, например, расстрелы, выполненные в виде спаренных двутавров, следует рассматривать как одинарную двутавровую балку.

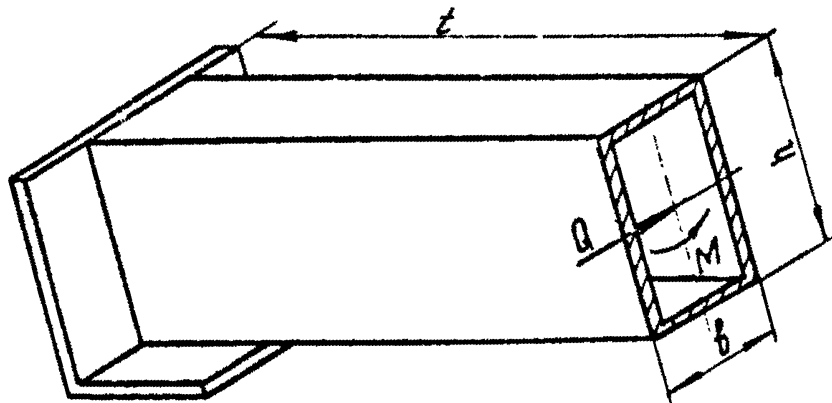




а.



б.



в.

Рис. 5.12. Конструкции заделанных в крепь ствола концов расстрельных балок с анкерными зацепами

Глубина заделки  $t$  определяется по формуле:

$$t = 0,8 \left[ \frac{Q}{R} + \sqrt{\left(\frac{Q}{R}\right)^2 + \frac{3QL}{R}} \right], \text{ м}, \quad (5.112)$$

где  $Q$  - действующая на расстрел горизонтальная нагрузка :  
для одиночного расстрела

$$Q = \max[(Q^A \sin \omega), (Q^B \cos \omega)], \text{ Н}, \quad (5.113)$$

для П-образного расстрела

$$Q = \frac{1}{2} Q^B \sin \omega, \text{ Н} \quad (5.114)$$

( $Q^A, Q^B$  - перерезывающие силы на ярусе, определяемые в соответствии с п.5.7.1.3;  $\omega$  - см.п.п.5.3.1.2 и 5.3.1.3);

$L$  - плечо действующей силы:

$$L = L_0 - \frac{r}{2} + H - \text{ для рельсового проводника,}$$

$$L = L_0 + \frac{2}{3} H - \text{ для проводника прямоугольного профиля,}$$

( $L_0$  - длина балки одиночного или стойки П-образного расстрела от крепи ствола до подошвы проводника;  
 $H$  и  $r$  см. п.5.3.1.2);

$R$  - конструктивный параметр, зависящий от профиля расстрельной балки и ее положения:  
для двутавровых балок с горизонтально расположенной стойкой (рис.5.12а)

$$R = G_0(2b + 0,25h - d) \cdot \frac{H}{M}, \quad (5.115)$$

для двутавровых балок с вертикально расположенной стойкой (рис.5.12б)

$$R = G_0 (h + 0,5\beta - 0,25d) \cdot \frac{H}{M}, \quad (5.116)$$

для балок коробчатого профиля (рис.5.12в)

$$R = G_0 (h + 0,25\beta) \cdot \frac{H}{M}. \quad (5.117)$$

Коэффициент 0,8 в формуле (5.112) учитывает влияние на глубину заделки анкерных зацепов, выполненных в виде наварных планок либо угольников.

В выражениях (5.115) - (5.117) обозначено:

$G_0$  - расчетные сопротивления бетона для предельных состояний

I группы, равные для бетонов марки М200 - 0,75 МПа

(7,5 кг/см<sup>2</sup>); М300 - 1,0 МПа (10кг/см<sup>2</sup>); М400 - 1,2 МПа

(12кг/см<sup>2</sup>);

$h$ ,  $\beta$  и  $d$  - геометрические размеры расстрелов, указанные на рис.5.12.

5.8.2. Расстрельные балки, закрепленные с обоих концов.

Глубины заделок определяются без учета анкерных зацепов, т.к. влияние их для указанных расстрелов незначительно.

5.8.2.1. Расстрелы, заделанные в крепь ствола одним концом (рис.5.2, поз.2).

$$t = \sqrt{\beta_1^2 + \beta_2} + \beta_1, \text{ м.} \quad (5.118)$$

Здесь:

$$\beta_1 = \frac{1}{R} \left[ \frac{Q}{2l^3} (3a^2l - 2l^3 - a^3) - \frac{3G_0 E J_2}{\tau l^3} \right]; \quad (5.119)$$

$$\beta_2 = \frac{3Qa}{2Rl^2} (a^2 - 3al + 2l^2), \quad (5.119)$$

где  $Q = Q^A$  - см. п.5.7.1.3;

$l$  - длина расстрела, м;

$a$  - расстояние от крепи ствола до точки приложения нагрузки (по проводника), м;

$\tau = 10000$  МПа (10000 кг/см<sup>2</sup>) - коэффициент постели;

$J_z$  - момент инерции сечения расстрельной балки относительно ее вертикальной оси, м<sup>4</sup>;

$R$  и  $b_0$  - см. п.5.8.1.

5.8.2.2. Расстрелы, заделанные в крепь отвола двумя концами (рис.5.2, поз.3.4).

$$t = \sqrt{\beta_1^2 + \beta_2^2} - \beta_1, \text{ м.} \quad (5.120)$$

Здесь:

$$\beta_1 = \frac{Q}{2R}; \quad \beta_2 = \frac{3Ql}{8R}, \quad (5.121)$$

где  $Q$ ,  $l$  и  $R$  - см. п.5.8.2.1.

5.8.3. Упоры и расстрелы с упором.

5.8.3.1. Упоры (рис.5.2, поз.5).

$$t = \frac{2Q^A}{\mu \cdot b_0}, \text{ м.} \quad (5.122)$$

где  $Q^A$  - горизонтальная нагрузка на ярус, действующая в направлении продольной оси упора (см.п.5.7.1.3.), Н;

$U$  - внешний периметр поперечного сечения упора, м;  
 $b_0$  - см. п.5.8.1.

5.8.3.2. Расстрелы с упором (рис.5.2, поз.10).

$$t = \frac{2Q^\delta}{U \cdot b_0}, \text{ м}, \quad (5.123)$$

где  $Q^\delta$  - горизонтальная нагрузка на ярусе, действующая в направлении продольной оси расстрела (см.п.5.7.1.3), Н;

$U$  - внешний периметр поперечного сечения расстрела, м;

$b_0$  - см.п.5.8.1.

Расчет глубины заделки концов расстрелов по формуле (5.123) проводится в случае закрепления на расстреле упоров на расстоянии не более 0,5м от проводника.

5.9. Жесткостные характеристики упругих роликовых направляющих устройств подъемного сосуда.

Расчет производится в случае оборудования сосудов роликовыми направляющими устройствами с регулируемой жесткостью.

Упругие элементы направляющих устройств должны иметь нелинейные жесткостные характеристики.

Добовая (боковая) жесткость направляющих устройств определяется из условия

$$C_p^A = \max [C_{p,g}^{A(\delta)} ; C_{p,c}^{A(\delta)}], \frac{H}{m}, \quad (5.124)$$

но не менее 150 кН/м.

Здесь:

$C_{p,g}^{A(\delta)}$  и  $C_{p,c}^{A(\delta)}$  - динамическая и статическая жесткости упругих элементов направляющих устройств:

$$C_{p,g}^A \geq 0,35 \frac{m v^2}{h^2}, \frac{H}{M}; \quad C_{p,g}^{\delta} \geq 0,175 \frac{m v^2}{h^2}, \frac{H}{M} \quad (5.125)$$

$$C_{p,c}^A \geq \zeta (m + m_{\text{хк}}) \cdot 10^{-3}, \frac{H}{M}; \quad C_{p,c}^{\delta} \geq \zeta (m + m_{\text{хк}}) \cdot 10^{-3}, \frac{H}{M}, \quad (5.126)$$

где  $m_{\text{хк}}$  — масса хвостового каната, кг;

$\zeta^{A(\delta)}$  — коэффициент, зависящий от типа подъема и расположения головных канатов,  $\frac{1}{c^2}$  :

$\zeta^A = 2, \quad \zeta^{\delta} = 4,7$  — для одноканатного подъема и двухканатного подъема с расположением канатов в плоскости, перпендикулярной плоскости проводников;

$\zeta^A = \zeta^{\delta} = 3,3$  — для двухканатного подъема с расположением канатов в плоскости проводников;

$\zeta^A = 4,7; \quad \zeta^{\delta} = 3,3$  — для четырехканатного подъема с расположением канатов в плоскости проводников;

$\zeta^A = 2, \quad \zeta^{\delta} = 5,3$  — для четырехканатного подъема с расположением канатов в плоскости, перпендикулярной плоскости проводников.

## Приложение I

## НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ

П.1.1. При пользовании номограммой для предварительного выбора элементов конструкции армировки следует иметь в виду, что если транспарант выходит за пределы номограммы, то это означает, что принятый типоразмер проводника не может обеспечить требуемой интенсивности подъемной установки. В этом случае следует принимать проводник со сравнительно большими значениями моментов инерции.

П.1.2. При расчете фактических жесткостных характеристик армировки можно пренебречь влиянием смежных проводников на лобовую жесткость, если расстрел имеет упоры, соединяющие его с крепью ствола.

П.1.3. При  $e < 0,1$  и  $q > 0,95$  величины  $\rho^A$  и  $\rho^B$  могут быть приняты равными 0,95.

Если  $e > 0,1$  и  $q > 0,95$ , то  $\rho^B$  можно определить как меньшее из величин

$$\lambda_{\phi}^2 \text{ и } \frac{1}{2} \left\{ 1 + \lambda_{\psi}^2 (1 + e^2) - \sqrt{[1 + \lambda_{\psi}^2 (1 + e^2)]^2 - 4 \lambda_{\psi}^2} \right\}, \quad (\text{П.1.1})$$

не прибегая к определению корня кубического уравнения.

В тех случаях, когда какая-либо из величин  $\lambda_{\phi}^2$ ,  $\lambda_{\psi}^2$ ,  $\lambda_{\phi}^2$  оказывается меньше единицы, значения  $\rho^A$  и  $\rho^B$  необходимо определять особенно тщательно, имея при этом в виду, что приближенное значение  $\rho^A$  или  $\rho^B$  равно соответственно  $\lambda_{\phi}^2$  или  $\lambda_{\psi}^2 (\lambda_{\phi}^2)$ .

П.1.4. Для конструкций подъемных сосудов, спроектированных и применяемых без учета совместной работы с жесткой армировкой, могут не удовлетворяться условия требуемых запасов устойчивости. Если при проверочном расчете окажется, что фактический запас устойчивости  $K^A$  меньше допустимого  $[K^A]$ , то следует опреде-

лить  $K_0^A$ , положив  $\gamma^A = 0$ . Если при этом  $K_0^A > [K^A]$ , то в отдельных случаях можно добиться удовлетворительной работы системы "сосуд-армировка" путем улучшения жесткостных характеристик подъемного сосуда, для чего следует определить требуемую относительную податливость сосуда по формуле

$$\gamma^A = \frac{K_0^A - [K^A]}{\epsilon_{\varphi}^A \cdot [K^A]} \quad (\text{П. I. 2})$$

Выводы о технической целесообразности такого решения необходимо делать на основе конструктивных соображений возможности усиления рамы.



## Приложение 2

## ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВКИ УГОЛЬНОГО СКИПОВОГО ПОДЪЕМА ПРИ ДВУХСТОРОННЕМ БОКОВОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПРОВОДНИКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО СОСУДА

П.2.1. Исходные данные для расчета.

П.2.1.1. Масса порожнего скипа (с учетом масс подвесных устройств и стационарного зонта) -  $m_0 = 25400 \text{ кг}$ .

П.2.1.2. масса груженого скипа -  $m = 48500 \text{ кг}$ .

П.2.1.3. Максимальная скорость движения груженого скипа -  $v = 14 \text{ м/с}$ .

П.2.1.4. Тип роющих направляющих скипа - роликовые упругие направляющие устройства.

П.2.1.5. Расстояние по вертикали между предохранительными направляющими скипа -  $L = A + B = 10,69 \text{ м}$ .

П.2.1.6. Тип проводников - сварной корабчатый профиль.

П.2.1.7. Ширина колеи -  $S = 2,33 \text{ м}$ .

П.2.1.8. Вид крепления ствола - бетон.

П.2.1.9. Материал заделок лунок - бетон М300.

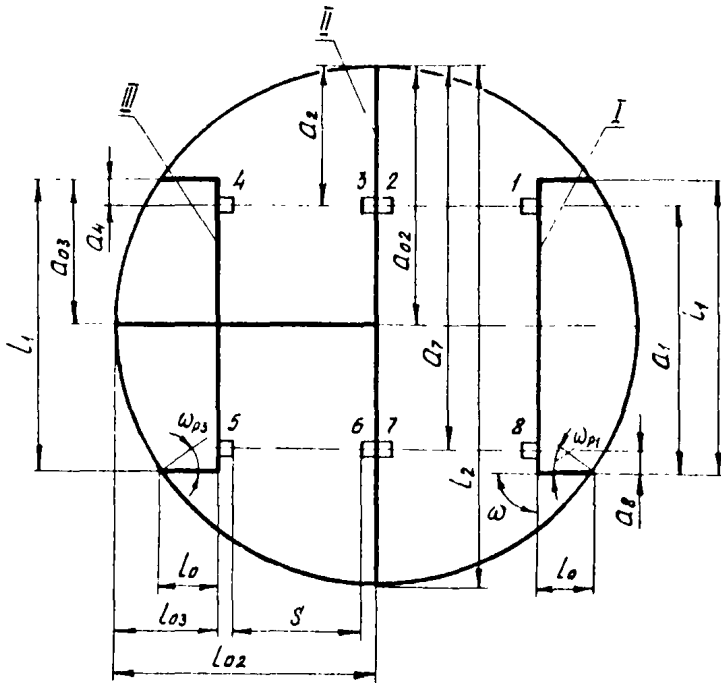
П.2.1.10. Схема армировки и ее основные геометрические размеры - см. рис. П.2.1.

П.2.1.11. Сборочные чертежи общего вида и основных узлов скипа каркасной конструкции емк.  $25 \text{ м}^3$  и чертежи поперечных сечений вертикальных стоек его рамы.

П.2.2. Предварительный выбор основных параметров армировки.

П.2.2.1. Интенсивность поцземной установки:

$$m \cdot v^2 = 48500 \cdot 14^2 = 96,06 \cdot 10^5 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}.$$



$$\begin{array}{ll}
 L_1 = L_3 = 4,5 \text{ м}, & a_4 = a_8 = 0,6 \text{ м}, \\
 L_2 = 8 \text{ м}, & a_7 = 5,65 \text{ м}, \\
 L_0 = 0,45 \text{ м}, & a_{02} = 4 \text{ м}, \\
 L_{02} = 4 \text{ м}, & a_{03} = 2,25 \text{ м}, \\
 L_{03} = 1,15 \text{ м}, & S = 2,33 \text{ м}, \\
 a_1 = 3,9 \text{ м}, & \omega = 90^\circ, \\
 a_2 = 2,35 \text{ м}, & \omega_{p1} = \omega_{p3} = 34^\circ.
 \end{array}$$

Рис. П.2.1. Схема армировки скипового ствола и ее основные геометрические размеры

П.2.2.2. Расчетная интенсивность подъемной установки:

$$(mV^2)_{расч.} = K'_{расч.} (m \cdot V^2) = 2 \cdot 96,06 \cdot 10^5 = 192,12 \cdot 10^5 \frac{кг \cdot м^2}{с^2},$$

где  $K'_{расч.} = 2$  - для армировки с коробчатыми проводниками.

П.2.2.3. Шаг армировки.

Предварительно принимаем  $h = 6м$ .

С целью определения оптимального варианта параметров армировки их предварительный выбор необходимо проводить для различных шагов армировки (в данном случае для шагов 4м и 6м). То же относится и к типоразмерам проводников.

Ниже в качестве примера предварительный выбор проводится для одного варианта сочетания шага армировки и типа проводника.

П.2.2.4. Проводники.

Принимаем сварной коробчатый профиль 190х200х16 из угольни-ков L 200х200х16 ГОСТ 8509-72 (см. приложение 7), у которого

$$\begin{aligned} J^A &= 59,1 \cdot 10^{-6} м^4; & J^B &= 64,24 \cdot 10^{-6} м^4; \\ W^A &= 6,22 \cdot 10^{-4} м^3; & W^B &= 6,42 \cdot 10^{-4} м^3. \end{aligned}$$

П.2.2.5. Лобовая жесткость расстрелов  $C_N^A$  ориентировочно определяется по номограмме рис.5.1 в зависимости от  $h = 6м$ ,

$$\lg J^A = \lg(59,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10^8) = 3,771, \quad 2(mV^2)_{расч.} = 384,24 \cdot 10^5 \frac{кг \cdot м^2}{с^2}$$

$$\text{и коэффициента номограммы } K_N^A = \frac{(mV^2)_H}{2(mV^2)_{расч.}} = \frac{512 \cdot 10^5}{384,24 \cdot 10^5} = 1,33.$$

Логарифм лобовой жесткости расстрелов  $\lg C_N^A = 3,367$ , откуда  $C_N^A = 2320$  кН/м,

П.2.2.6. Боковая жесткость расстрелов  $C_N^B$  ориентировочно определяется по номограмме в зависимости от  $h = 6м$ ,  $\lg J^B =$   
 $= \lg(64,24 \cdot 10^{-6} \cdot 10^8) = 3,808, \quad (mV^2)_{расч.} = 192,12 \cdot 10^5 \frac{кг \cdot м^2}{с^2}$

и коэффициента номограммы

$$k_H^{\delta} = \frac{(\pi V^2)_H}{(\pi V^2)_{\text{расст.}}} = \frac{256 \cdot 10^5}{192,12 \cdot 10^5} = 1,33.$$

Логарифм боковой жесткости расстрелов  $\lg C_H^{\delta} = 2,926$ , откуда  $C_H^{\delta} = 845 \frac{кН}{м}$ .

П.2.2.7. Моменты инерции сечений расстрелов  $J_{H(\lambda)}$  и  $J_{H(\delta)}$  определяются по значениям  $C_H^{\lambda}$  и  $C_H^{\delta}$  в зависимости от охемы яруса по формулам табл.5.1:

для расстрельной балки I (схема 4)

$$J_{H(\lambda)}^{\lambda} = \frac{a_s^2 (L_s - a_s)^2}{3EL_s} C_H^{\lambda} = \frac{0,6^2 (4,5 - 0,6)^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 4,5} \cdot 2320 \cdot 10^3 = 4,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4,$$

где  $L_s = 4,5 \text{ м}$ ;  $a_s = 0,6 \text{ м}$ ;

$$J_{H(\delta)}^{\delta} = \frac{L_{01}^3 \cdot L_{02}^3 \cdot \sin^2 \omega_1 \cdot \sin^2 \omega_2}{2 \cdot E (L_{01}^3 \sin^2 \omega_1 + L_{02}^3 \sin^2 \omega_2)} \cdot C_H^{\delta} =$$

$$= \frac{0,45^3 \cdot 0,45^3}{2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 (0,45^3 + 0,45^3)} \cdot 845 \cdot 10^3 = 0,092 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4,$$

где  $L_{01} = L_{02} = 0,45 \text{ м}$ ;  $\omega_1 = \omega_2 = 90^\circ$ ;

для расстрельной балки II (схема 2)

$$J_{H(\lambda)}^{\lambda} = \frac{a_2^3 (L_2 - a_2)^3}{3EL_2^3} \cdot C_H^{\lambda} = \frac{2,35^3 (8 - 2,35)^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 8^3} \cdot 2320 \cdot 10^3 =$$

$$= 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4,$$

где  $L_2 = 8 \text{ м}$ ;  $a_2 = 2,35 \text{ м}$ ;

$$\begin{aligned}
 J_H^2 &= \frac{(H+0,06)^2}{9EL_2} [L_2^2 - 3a_2(L_2 - a_2)] C_H^{\delta} = \\
 &= \frac{(0,19+0,06)^2}{9 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 8} [8^2 - 3 \cdot 2,35(8 - 2,35)] \cdot 845 \cdot 10^3 = 0,089 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4,
 \end{aligned}$$

где  $H = 0,19 \text{ м}$  - высота профиля проводника.

По большему расчетному значению момента инерции выбираем профиль балки, имеющий ближайший больший момент инерции сечения относительно вертикальной оси.

Принимаем для всех расстрелов сварной коробчатый профиль балок сечением I70xI04xI0 из угольников I60xI00xI0 ГОСТ8510-72, имеющий  $J_2 = 8,40 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$ ,  $W_2 = 1,62 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ ,  $F = 52,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ .

П.2.3. Жесткостные характеристики расстрельных балок.

П.2.3.1. Лобовая жесткость. С

П.2.3.1.1. Расстрел I, проводники I,8 (расчетная схема рис.5.3б).

Жесткость определяется по формуле (5.14):

$$\begin{aligned}
 C_1^A &= C_8^A = \frac{E}{\frac{a_1^2(L_1 - a_1)^2}{3J_2L_1} + \frac{\pi L_0}{F_0 L_1^2} [(L_1 - a_1)^2 + a_1^2]} = \\
 &= \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6}{\frac{3,9^2(4,5 - 3,9)^2}{3 \cdot 8,4 \cdot 10^{-6} \cdot 4,5} + \frac{2,1 \cdot 0,45}{52,7 \cdot 10^{-4} \cdot 4,5^2} [(4,5 - 3,9)^2 + 3,9^2]} = \\
 &= 4130 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 4130 \frac{\text{кН}}{\text{м}},
 \end{aligned}$$

где  $L_1 = 4,5 \text{ м}$ ;  $a_1 = 3,9 \text{ м}$ ;  $L_0 = 0,45 \text{ м}$ ;  $J_2 = 8,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$ ;

$F_0 = F = 52,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ;  $\pi = 2$ ;  $\omega = 90^\circ$ ;

$$n = 1 + \frac{1}{2L_0} = 1 + \frac{1}{2 \cdot 0,45} = 2,1.$$

## П.2.3.1.2. Расстрел П, проводники 2, 3, 6, 7.

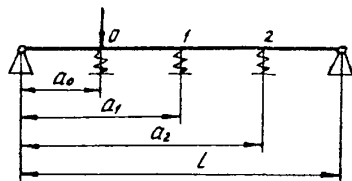


Рис. П.2.2. Расчетная схема

$$\begin{aligned}
 L &= L_2 = 8 \text{ м}; \\
 a_0 &= a_2 = 2,35 \text{ м}; \\
 a_1 &= a_{02} = 4 \text{ м}; \\
 a_2 &= a_7 = 5,65 \text{ м}; \\
 L_0 &= l_{02} = 4 \text{ м}; \\
 J_z &= J_{z0} = 8,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4; \\
 F &= F_0 = 52,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.
 \end{aligned}$$

$$C_2^A = C_3^A = C_6^A = C_7^A = \frac{k}{\delta_{00} - \delta_{01}\chi_1 - \delta_{02}\chi_2} + \frac{8EJ^A}{h^3}, \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

$$\left. \begin{aligned}
 (\Delta_1 + \delta_{11})\chi_1 + \delta_{12}\chi_2 &= \delta_{10}, \\
 \delta_{21}\chi_1 + (\Delta_2 + \delta_{22})\chi_2 &= \delta_{20}.
 \end{aligned} \right\}$$

$$\Delta_1 = \frac{\pi L_0}{EF_0} = \frac{1,125 \cdot 4}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 52,7 \cdot 10^{-4}} = 4,00427 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{Н}},$$

где  $\pi = 1 + \frac{1}{2L_0} = 1 + \frac{1}{2 \cdot 4} = 1,125$ .

$$\Delta_2 = \frac{h^3}{16EJ^A} = \frac{6^3}{16 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 59,1 \cdot 10^{-6}} = 1,142 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{Н}}.$$

$$\delta_{ij} = \frac{a_j^2(L - a_j)^2}{3EJ_zL}, \frac{\text{м}}{\text{Н}}, \text{ откуда}$$

$$\delta_{00} = \delta_{22} = \frac{2,35^2(8 - 2,35)^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 8,4 \cdot 10^{-6} \cdot 8} = 4,372 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{Н}};$$

$$\delta_{11} = \frac{4^2(8 - 4)^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 8,4 \cdot 10^{-6} \cdot 8} = 6,349 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{Н}};$$

110.

$$\delta_{ij} = \frac{a_i(l-a_j)[l^2 - a_i^2 - (l-a_j)^2] + (a_i - a_j)^3 l}{6 E J_2 L}, \frac{m}{H} \quad \cdot \text{откуда}$$

$$\delta_{01} = \delta_{10} = \delta_{12} = \delta_{21} = \frac{2,35(8-4)[8^2 - 2,35^2 - (8-4)^2]}{6 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 8,4 \cdot 10^{-6} \cdot 8} = 4,951 \cdot 10^{-6} \frac{m}{H};$$

$$\delta_{02} = \delta_{20} = \frac{2,35(8-5,65)[8^2 - 2,35^2 - (8-5,65)^2]}{6 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 8,4 \cdot 10^{-6} \cdot 8} = 3,626 \cdot 10^{-6} \frac{m}{H}.$$

Подставим полученные значения в систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} (0,00427 + 6,349) X_1 + 4,951 X_2 &= 4,951, \\ 4,951 X_1 + (1,142 + 4,372) X_2 &= 3,626, \end{aligned} \right\}$$

откуда  $X_1 = 0,888$ ,  $X_2 = -0,14$ .

$$\begin{aligned} C_2^A = C_3^A = C_6^A = C_7^A &= \frac{2 \cdot 10^6}{4,372 - 4,951 \cdot 0,888 + 3,626 \cdot 0,14} + \\ &+ \frac{8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 59,1 \cdot 10^{-6}}{6^3} = 4784000 \frac{H}{M} = 4784 \frac{kH}{M}. \end{aligned}$$

П.2.3.1.3. Расстрел Ш, проводники 4,5.

Расчетная схема рис.5.36. Учитывая наличие упора, принимаем длину расстрела  $l_3 = a_{03}$ , а длину его стоек  $l_{01} = l_0$  и  $l_{02} = l_{03}$ . Жесткость определяем по формуле (5.13):

$$C_4^A = C_5^A = \frac{E}{\frac{a_4^2(l_3 - a_4)^2}{3J_2 l_3} + \frac{n_1[(l_3 - a_4)^2 L_{01}^2 \sin^2 \omega_1] + n_2[a_4^2 l_{02} \sin^2 \omega_2]}{F_0 l_3^2}}$$

$$= \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6}{\frac{0,6^2(2,25-0,6)^2}{3,84 \cdot 10^{-6} \cdot 2,25} + \frac{2,1[(2,25-0,6)^2 \cdot 0,45] + [0,6^2 \cdot 1,15] \cdot 1,4}{52,7 \cdot 10^{-4} \cdot 2,25^2}} =$$

$$= 11490000 \frac{H}{M} = 11490 \frac{кН}{M},$$

где  $l_3 = a_{03} = 2,25 \text{ м}$ ;  $a_4 = 0,6 \text{ м}$ ;  $l_{01} = l_0 = 0,45 \text{ м}$ ;

$l_{02} = l_{03} = 1,15 \text{ м}$ ;  $\omega_1 = \omega_2 = 90^\circ$ ;  $n_1 = 2,1$ ;  $n_2 = 1 + \frac{1}{2 \cdot 1,15} = 1,4$ .

П.2.3.1.4. Средние лобовые жесткости растрелов для обект ниток провожников каждого раздела:

$$C_{1,2}^A = C_{7,8}^A = \sqrt{C_1^A \cdot C_2^A} = \sqrt{4130 \cdot 4784} = 4445 \frac{кН}{M};$$

$$C_{3,4}^A = C_{5,6}^A = \sqrt{C_3^A \cdot C_4^A} = \sqrt{4784 \cdot 11490} = 7414 \frac{кН}{M}.$$

П.2.3.2. Боковая жесткость.

П.2.3.2.1. Растрелы I и III, проводники I, 4, 5, 8.

Расчетная схема рис.5.3г. Жесткость определяется по формуле (5.19):

$$C_1^\delta = C_4^\delta = C_5^\delta = C_8^\delta = \frac{E}{\frac{a_1(l_1 - a_1)}{L_1 F} + \frac{L_0^3}{42 \cdot J_{20}} + \frac{d^2}{3 \cdot J_x L_1} [L_1(l_1 - 3a_1) + 3a_1^2] + \Phi} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6}{\frac{3,9(4,5 - 3,9)}{4,5 \cdot 52,7 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,45^3}{42 \cdot 8,4 \cdot 10^{-6}} + \frac{0,189^2}{3 \cdot 8,4 \cdot 10^{-6} \cdot 4,5} [4,5(4,5 - 3 \cdot 3,9) + 3 \cdot 3,9^2] + 300} =$$

$$= 27970000 \frac{H}{M} = 27970 \frac{кН}{M},$$



где  $J_{20} = J_2 = 8,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$ ;  $L_1 = 4,5 \text{ м}$ ;  $L_0 = 0,45 \text{ м}$ ;  
 $a_1 = 3,9 \text{ м}$ ;  $\Phi = 300 \text{ м}^{-1}$ ;  $d = \delta + \frac{2}{3} H =$   
 $= 0,062 + \frac{2}{3} \cdot 0,19 = 0,189 \text{ м}.$

### П.2.3.2.2. Раострел II, проводники 2, 3, 6, 7.

Расчетная схема рис.5.3в. Жесткость определяется по формуле (5.15):

$$C_2^\delta = C_3^\delta = C_6^\delta = C_7^\delta = \frac{k E}{\frac{a_1(L_2 - a_1)}{L_2 F} + \frac{d^2}{3J_2 L_2} [L_2(L_2 - 3a_1) + 3a_1^2] + \Phi} =$$

$$= \frac{1,35 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6}{\frac{5,65(8 - 5,65)}{8 \cdot 52,7 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,189^2}{3 \cdot 8,4 \cdot 10^{-6} \cdot 8} [8(8 - 3 \cdot 5,65) + 3 \cdot 5,65^2] + 300} =$$

$$= 55 \cdot 130 \cdot 000 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 55 \cdot 130 \frac{\text{кН}}{\text{м}},$$

где  $L_2 = 8 \text{ м}$ ;  $a_1 = 5,65 \text{ м}$ ;  $F = 52,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$

### П.2.4. Инерциальные характеристики груженого скипа.

#### П.2.4.1. Исходные данные для расчета.

Определяются из рабочих чертежей скипа в соответствии с расчетной схемой рис.5.4.

$$m_1 = 6 \cdot 760 \text{ кг}; \quad m_2 = 3550 \text{ кг}; \quad m_3 = 2900 \text{ кг}; \quad m_4 = 10950 \text{ кг};$$

$$m_5 = 1240 \text{ кг}; \quad m_{\text{ср}} = 23100 \text{ кг}; \quad m_6 = 25400 \text{ кг}; \quad m = 48500 \text{ кг};$$

$$L = 10,69 \text{ м}; \quad l_1 = 0,68 \text{ м}; \quad L_2 = 1,64 \text{ м}; \quad h_1 = 0,7 \text{ м};$$

$$h_2 = 0,5 \text{ м}; \quad h_3 = 12,2 \text{ м}; \quad h_4 = 0,22 \text{ м}; \quad h_5 = 3,63 \text{ м};$$

$$h_7 = 2,65 \text{ м}; \quad h_8 = h_4 - h_7 = 6,22 - 2,65 = 3,57 \text{ м}; \quad M = 2,2 \text{ м};$$

$$N = 2,8 \text{ м}; \quad N_1 = 2,3 \text{ м}; \quad N_2 = 2,1 \text{ м}; \quad S = 2,33 \text{ м}.$$

П.2.4.2. Положение центра масс грузевого скипа по вертикали относительно его предохранительных направляющих.

$$m_6 = m_{cp} \frac{h_6}{h_6 + 0,5 h_7} = 23100 \frac{3,57}{3,57 + 0,5 \cdot 2,65} = 16850 \text{ кг};$$

$$m_7 = m_{cp} - m_6 = 23100 - 16850 = 6250 \text{ кг};$$

$$A_1 = m_1 (h_3 - 0,5 h_1) = 6760 (12,2 - 0,5 \cdot 0,7) = 80,11 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$A_2 = 0,5 \cdot m_2 \cdot h_2 = 0,5 \cdot 3550 \cdot 0,5 = 0,89 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$A_3 = 0,5 \cdot m_3 \cdot h_3 = 0,5 \cdot 2900 \cdot 12,2 = 17,69 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$A_4 = m_4 (L_2 + 0,5 h_4) = 10950 (1,64 + 0,5 \cdot 6,22) = 52,01 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$A_5 = m_5 (L_2 + h_4 + 0,5 h_5) = 1240 (1,64 + 6,22 + 0,5 \cdot 3,63) = 12 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$A_6 = m_6 (L_2 + h_7 + 0,5 h_6) = 16850 (1,64 + 2,65 + 0,5 \cdot 3,57) = 102,4 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м};$$

$$A_7 = m_7 (L_2 + 0,67 \cdot h_7) = 6250 (1,64 + 0,67 \cdot 2,65) = 21,35 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Координата центра масс грузевого скипа по вертикальной оси:

$$Z_c = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7}{m} = \frac{(80,11 + 0,89 + 17,69 + 52,01 + 12,0 + 102,4 + 21,35) \cdot 10^3}{48500} = 5,95 \text{ м}.$$

Расстояния от центра масс до нижних и верхних направляющих устройств:

$$A = Z_c - L_1 = 5,95 - 0,68 = 5,27 \text{ м};$$

$$B = L - A = 10,69 - 5,27 = 5,42 \text{ м}.$$

П.2.4.3. Моменты инерции грузевого скипа относительно его центральных осей.

Расстояния по вертикали от центра масс скипа до центров масс его элементов определяются по формуле (5.32):

$$Z_1 = \left| \frac{80,11 \cdot 10^3}{6760} - 5,95 \right| = 5,9 \text{ м}; \quad Z_2 = \left| \frac{0,89 \cdot 10^5}{3550} - 5,95 \right| = 5,7 \text{ м};$$

$$Z_3 = \left| \frac{17690}{2900} - 5,95 \right| = 0,15 \text{ м}; \quad Z_4 = \left| \frac{52010}{10950} - 5,95 \right| = 1,2 \text{ м};$$

$$Z_5 = \left| \frac{12100}{1240} - 5,95 \right| = 3,81; \quad Z_6 = \left| \frac{102400}{16850} - 5,95 \right| = 0,13 \text{ м};$$

$$Z_7 = \left| \frac{21350}{6250} - 5,95 \right| = 2,53.$$

Центральные моменты инерции элементов скипа определяются по формулам (5.33) - (5.37).

Верхний пояс.

$$J_{\varphi 1} = 6760 [0,083(0,7^2 + 2,2^2) + 5,9^2] = 238\,300 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\psi 1} = 6760 [0,083(0,7^2 + 2,8^2) + 5,9^2] = 240\,000 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\phi 1} = 0,083 \cdot 6760 (2,2^2 + 2,8^2) = 5\,684 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Нижний пояс.

$$J_{\varphi 2} = 3550 [0,083(0,7^2 + 2,2^2) + 5,7^2] = 116\,900 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\psi 2} = 3550 [0,083(0,7^2 + 2,1^2) + 5,7^2] = 116\,900 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\phi 2} = 0,083 \cdot 3550 \cdot (2,2^2 + 2,1^2) = 2\,727 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Вертикальные стойки рамы.

$$J_{\varphi 3} = 2900(0,083 \cdot 12,2^2 + 0,25 \cdot 2,2^2 + 0,15^2) = 39400 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\varphi 3} = 2900(0,083 \cdot 12,2^2 + 0,15^2) = 35890 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\theta 3} = 0,25 \cdot 2900 \cdot 2,2^2 = 3509 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Кузов.

$$J_{\varphi 4} = 10950 \left\{ \frac{0,083 [6,22^3 (2,2 + 2,8) + 2,2 \cdot 6,22 (3 \cdot 2,8 \cdot 6,22 + 3 \cdot 2,2 \cdot 2,8 + 2,2^2) + 2,2^3 \cdot 2,8]}{2,8 \cdot 6,22 + 2,2 (2,8 + 6,22)} + 1,2^2 \right\} = 71070 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\varphi 4} = 10950 \left\{ \frac{0,083 [6,22^3 (2,2 + 2,8) + 2,8^3 (6,22 + 2,2) + 3 \cdot 2,2 \cdot 2,8 \cdot 6,22 \times \times (2,8 + 6,22)]}{2,8 \cdot 6,22 + 2,2 (2,8 + 6,22)} + 1,2^2 \right\} = 74910 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\varphi 4} = 10950 \left\{ \frac{0,083 [3 \cdot 2,22 \cdot 2,8 \cdot 6,22 (2,2 + 2,8) + 2,2^3 (2,8 + 6,22) + 2,8^3 (2,2 + 6,22)]}{2,8 \cdot 6,22 + 2,2 (2,8 + 6,22)} \right\} = 20870 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Кожух.

$$J_{\varphi 5} = 1240 \left\{ \frac{0,083 [3,63^3 (2,2 + 2,8) + 2,2 \cdot 3,63 (3 \cdot 2,8 \cdot 3,63 + 3 \cdot 2,2 \cdot 2,8 + 2,2^2) + 2,2^3 \cdot 2,8]}{2,8 \cdot 3,63 + 2,2 (2,8 + 3,63)} + 3,81^2 \right\} = 20460 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\varphi 5} = 1240 \left\{ \frac{0,083 [3,63^3 (2,2 + 2,8) + 2,8^3 (2,2 + 3,63) + 3 \cdot 2,2 \cdot 2,8 \cdot 3,63 \times \times (2,8 + 3,63)]}{2,8 \cdot 3,63 + 2,2 (2,8 + 3,63)} + 3,81^2 \right\} = 21380 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\phi 5} = 1240 \left\{ \frac{0,083[3 \cdot 2,2 \cdot 2,8 \cdot 3,63(2,2+2,8) + 2,2^3(2,8+3,63) + 2,8^3(2,2+3,63)]}{2,8 \cdot 3,63 + 2,2(2,8+3,63)} \right\} = 2420 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Груз, расположенный в части кузова с постоянным поперечным сечением.

$$J_{\psi 6} = 16850 [0,083(2,2^2 + 3,67^2) + 0,13^2] = 24880 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\psi 6} = 16850 [0,083(2,8^2 + 3,57^2) + 0,13^2] = 29070 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\phi 6} = 0,083 \cdot 16850 (2,2^2 + 2,8^2) = 17730 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Груз, расположенный в части кузова с переменным поперечным сечением.

$$J_{\psi 7} = 6250 [0,083 \cdot 2,2^2 + 0,056 \cdot 2,65^2 + 2,53^2] = 44970 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\psi 7} = 6250 [0,083 \cdot 2,8^2 + 0,056 \cdot 2,65^2 + 2,53^2] = 46530 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\phi 7} = 0,083 \cdot 6250 (2,2^2 + 2,8^2) = 6578 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Центральные моменты инерции груженого шквпа:

$$J_{\psi} = 238300 + 116900 + 39400 + 71070 + 20460 + 24880 + 44970 = 556000 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\psi} = 240000 + 116900 + 35890 + 74910 + 21380 + 29070 + 46530 = 564000 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\phi} = 5684 + 2725 + 3509 + 20870 + 2420 + 17730 + 6578 = 59520 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

### П.2.5. Жесткостные характеристики скипа.

П.2.5.1. Моменты инерции поперечных сечений вертикальных стоек рамы скипа.

Вертикальные стойки рамы изготовлены из неравнобоких уголков 200Х125Х16, имеющих следующие характеристики:

$$J_{y_2}^A = 617 \text{ см}^4; \quad J_{y_2}^B = 2026 \text{ см}^4; \quad F_{y_2} = 49,8 \text{ см}^2; \quad X_0 = 6,71 \text{ см}; \quad Y_0 = 2,99 \text{ см}.$$

Вертикальные стойки рамы имеют различное сечение ниже и выше кузова. Указанные сечения и их основные размеры приведены на рис. П.2.3.

П.2.5.1.1. Моменты инерции поперечного сечения рамы, расположенного ниже кузова (рис.П.2.3а):

$$J_{pm1}^A = J_{pm1}^B = 4J_{y_2}^A + 4 \cdot F_{y_2} \cdot Y_0^2 = 4 \cdot 617 + 4 \cdot 49,8 \cdot 3,26^2 = 4585 \text{ см}^4 = 45,85 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

$$J_{pm1}^B = J_{pm1}^A = 4 \cdot J_{y_2}^B + 2 \cdot F_{y_2} \cdot X_1^2 + 2 \cdot F_{y_2} \cdot X_2^2 + 2 \cdot 49,8 \cdot 2,9 \cdot 2,9^2 = 150150 \text{ см}^4 = 1501,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

П.2.5.1.2. Моменты инерции поперечного сечения рамы, расположенного выше кузова (рис.П.2.3б).

Координата  $Y_c$  центра масс поперечного сечения рамы:

$$Y_c = \frac{2 \cdot F_{y_2} \cdot Y_{c1} + 2 \cdot F_{y_2} \cdot Y_{c2} + F_{m1} \cdot Y_{c3}}{4 \cdot F_{y_2} + F_{m1}} =$$

$$\frac{2 \cdot 49,8 \cdot 10,11 + 2 \cdot 49,8 \cdot 3,59 + 73 \cdot 0,6 \cdot 0,3}{4 \cdot 49,8 + 73 \cdot 0,6} = 5,67 \text{ см}.$$

Координата центров масс сечений элементов рамы:

$$Y_1 = |Y_c - Y_{c1}| = |5,67 - 10,11| = 4,44 \text{ см};$$

$$Y_2 = |Y_c - Y_{c2}| = |5,67 - 3,59| = 2,08 \text{ см};$$

$$Y_3 = |Y_c - Y_{c3}| = |5,67 - 0,3| = 5,37 \text{ см}.$$

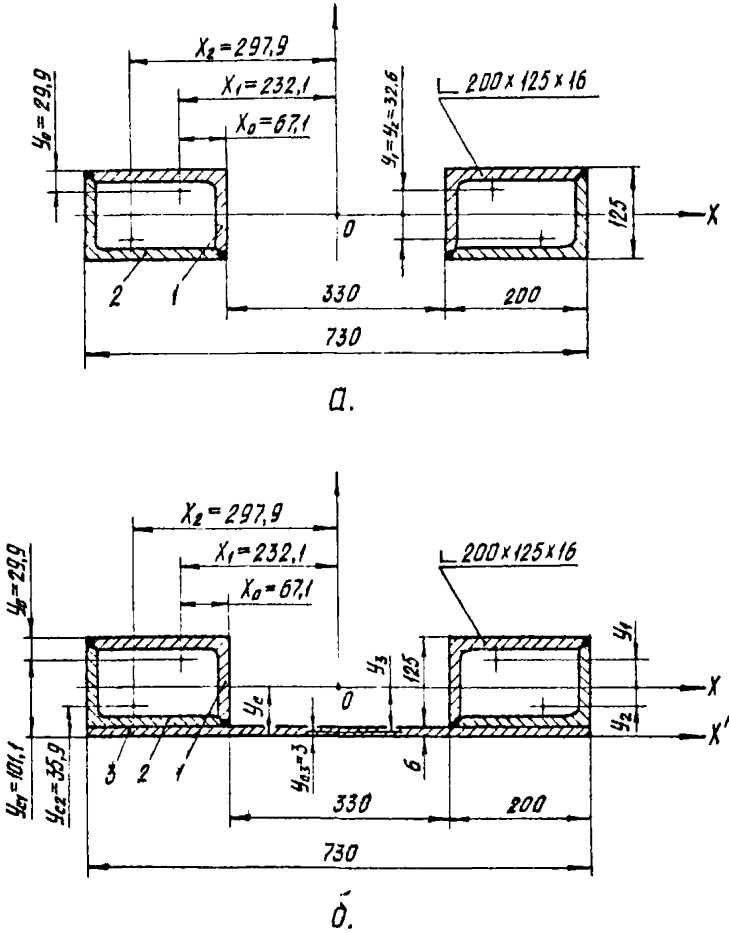


Рис. П.2.3. Поперечные сечения вертикальных стоек рамы шасси ниже (а) и выше (б) кузова

Моменты инерции поперечного сечения рамы:

$$\begin{aligned} J_{pm2}^A &= J_{pm2}^X = 4J_{y2}^X + J_{m2}^X + 2F_{y2}y_1^2 + 2F_{y2}y_2^2 + F_{m2}y_3^2 = \\ &= 4 \cdot 617 + \frac{73 \cdot 0,6^3}{12} + 2 \cdot 49,8 \cdot 4,44^2 + 2 \cdot 49,8 \cdot 2,08^2 + 73 \cdot 0,6 \cdot 5,37^2 = \\ &= 6127 \text{ см}^4 = 61,27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{pm2}^B &= J_{pm2}^y = 4J_{y2}^y + J_{m2}^y + 2F_{y2}x_1^2 + 2F_{y2}x_2^2 = \\ &= 4 \cdot 2026 + \frac{73^3 \cdot 0,6}{12} + 2 \cdot 49,8 \cdot 23,21^2 + 2 \cdot 49,8 \cdot 29,79^2 = \\ &= 169600 \text{ см}^4 = 1696 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4. \end{aligned}$$

П.2.5.2. Любная жесткость экива.

$$\begin{aligned} C_c^A &= \frac{48 E J_{pm1}^A (d_1 + d_2)}{(0,8 l_1)^3 d_2 \left[ 1 + \frac{d_1 l_2^3 J_{pm1}^A}{d_2 (0,8 l_1)^3 J_{pm2}^A} + \frac{48 E J_{pm1}^A (d_1 + d_2)}{(0,8 l_1)^3 d_2} \delta_{\kappa}^A \right]} = \\ &= \frac{48 \cdot 2 \cdot 10^9 \cdot 10^6 \cdot 45,85 \cdot 10^{-6} (5,45 + 5,55)}{(0,8 \cdot 3,79)^3 \cdot 5,55 \left[ 1 + \frac{5,45 \cdot 3,64^3 \cdot 45,85 \cdot 10^{-6}}{5,55 (0,8 \cdot 3,79)^3 \cdot 61,27 \cdot 10^{-6}} + \frac{48 \cdot 2 \cdot 10^9 \cdot 45,85 \cdot 10^{-6} (5,45 + 5,55) \cdot 2,5}{(0,8 \cdot 3,79)^3 \cdot 5,55 \cdot 10^9} \right]} = \\ &= 13320000 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 13320 \frac{\text{кН}}{\text{м}}, \end{aligned}$$

где согласно п.5.5.1.2:

$$d_1 = z_c - h_2 = 5,95 - 0,5 = 5,45 \text{ м};$$

$$d_2 = h_3 - z_c - h_4 = 12,2 - 5,95 - 0,7 = 5,55 \text{ м};$$

$$l_1 = l_4 + h_7 - h_2 = 1,64 + 2,65 - 0,5 = 3,79 \text{ м};$$

$$l_2 = h_3 - l_4 - h_4 - h_1 = 12,2 - 1,64 - 6,22 - 0,7 = 3,64 \text{ м};$$



$\delta_{\kappa}^{\Delta(\delta)}$  =  $2,5 \cdot 10^{-6}$  м/кН =  $2,5 \cdot 10^{-9}$  м/Н — величина, характеризующая податливость кузова.

Так как в нижней части кузова стойки связаны боковиной неподвижного лотка затвора, размер  $L_1$  умножается на коэффициент 0,8.

П.2.5.3. Боковая жесткость огиба.

$$C_e^{\delta} = \frac{12 E J_{pm1}^{\delta} (d_1 + d_2)}{(0,8 \cdot L_1)^3 d_2^3 \left[ 1 + \frac{d_1 L_2^3 J_{pm1}^{\delta}}{d_2 (0,8 \cdot L_1)^3 J_{pm2}^{\delta}} + \frac{12 E J_{pm1}^{\delta} (d_1 + d_2)}{(0,8 \cdot L_1)^3 d_2} \delta_{\kappa}^{\delta} \right]} =$$

$$= \frac{12 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 1501,5 \cdot 10^{-6} (5,45 + 5,55)}{(0,8 \cdot 3,79)^3 \cdot 5,55 \left[ 1 + \frac{5,45 \cdot 3,64^3 \cdot 1501,5 \cdot 10^{-6}}{5,55 (0,8 \cdot 3,79)^3 \cdot 1696 \cdot 10^{-6}} + \frac{12 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1501,5 \cdot 10^{-6} (5,45 + 5,55) \cdot 2,5}{(0,8 \cdot 3,79)^3 \cdot 5,55 \cdot 10^9} \right]}$$

$$= 81380000 \frac{H}{M} = 81380 \frac{кН}{M}.$$

П.2.6. Проверочный расчет выбранных параметров армировки по условию динамической устойчивости движения груженого скипа.

Расчет проводится для раздела с проводниками I-2, как более слабого по жесткостным характеристикам.

П.2.6.1. Проверка запаса устойчивости по отношению к лобовым колебаниям.

Коэффициент относительной жесткости армировки:

$$\gamma^{\Delta} = \frac{C^{\Delta}}{C_e^{\Delta}} = \frac{4445}{13320} = 0,334.$$

Обобщенный безразмерный параметр лобовой жесткости армировки:

$$\bar{b}^A = \frac{c^A h^3}{5 E J^A} = \frac{4445 \cdot 10^3 \cdot 5^3}{5 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 59,1 \cdot 10^{-6}} = 13,54.$$

Обобщенный безразмерный параметр лобовой жесткости системы "сосуд-армировка":

$$\bar{b}_{\text{злб}}^A = \frac{\bar{b}^A}{1 + \gamma^A} = \frac{13,54}{1 + 0,334} = 10,15.$$

Параметр демумльтипликационного резонанса  $\mu^A$ . Определяется из графика рис.5.7 в зависимости от  $\lg \bar{b}_{\text{злб}}^A = \lg 10,15 = 1,01$ :

$$\mu^A = 0,525$$

Допустимый запас устойчивости:

$$[K^A] = 3,75(1,3 \cdot \mu^A - 0,21) = 3,75(1,3 \cdot 0,525 - 0,21) = 1,77.$$

Мультипликатор частот поворотных лобовых колебаний:

$$\lambda_{\varphi}^2 = \frac{\pi L^2}{4 J_{\varphi}} = \frac{48500 \cdot 10,69^2}{4 \cdot 556000} = 2,49.$$

Эксцентриситет центра масс грузевого скипа:

$$e = \left| \frac{A - B}{A + B} \right| = \left| \frac{5,27 - 5,42}{5,27 + 5,42} \right| = 0,014.$$

Обобщенный мультипликатор частот лобовых колебаний скипа:

$$\begin{aligned} \mu^A &= \frac{1}{2} \left\{ 1 + \lambda_{\varphi}^2 (1 + e^2) - \sqrt{[1 + \lambda_{\varphi}^2 (1 + e^2)]^2 - 4 \cdot \lambda_{\varphi}^2} \right\} = \\ &= \frac{1}{2} \left\{ 1 + 2,49(1 + 0,014^2) - \sqrt{[1 + 2,49(1 + 0,014^2)]^2 - 4 \cdot 2,49} \right\} = 1,0. \end{aligned}$$

Относительная средняя лобовая жесткость проводников:

$$\epsilon^A = \frac{\epsilon_{\text{ср}}^A}{1 + \gamma^A \bar{b}_{\text{ср}}^A} = \frac{0,85}{1 + 0,334 \cdot 0,85} = 0,662,$$

где  $\epsilon_{\text{ср}}^A = 0,85$  - определяется из графика рис.5.8 в зависимости от  $\lg \bar{b}^A = \lg 13,54 = 1,132$ .

Действительный запас устойчивости:

$$K^A = \frac{C^A \cdot 6^A \cdot \rho^A h^2}{2\pi^2 (k_{\rho M^A})^2 (mV^2)} = \frac{4445 \cdot 10^3 \cdot 0,662 \cdot 1,0 \cdot 6^2}{2\pi^2 (0,85 \cdot 0,525)^2 \cdot 48500 \cdot 14^2} = 2,83 > [K^A].$$

Допустимые скорость движения и масса скипа по отношению к лобовым колебаниям:

$$[V^A] = V \sqrt{\frac{K^A}{[K^A]}} = 14 \sqrt{\frac{2,83}{1,77}} = 17,7 \frac{m}{c};$$

$$[m^A] = m \frac{K^A}{[K^A]} = 48500 \frac{2,83}{1,77} = 77500 \text{ кг.}$$

П.2.6.2. Проверка запаса устойчивости по отношению к боковым колебаниям.

Коэффициенты относительной жесткости армировки:

$$\gamma_1^\delta = \frac{C_1^\delta}{C_c^\delta} = \frac{27970}{81380} = 0,344; \quad \gamma_2^\delta = \frac{C_2^\delta}{C_c^\delta} = \frac{55130}{81380} = 0,677.$$

Обобщенные безразмерные параметры боковой жесткости армировки:

$$G_1^\delta = \frac{C_1^\delta h^3}{6EJ^\delta} = \frac{27970 \cdot 10^3 \cdot 6^3}{6 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 64,24 \cdot 10^{-6}} = 78,37;$$

$$G_2^\delta = \frac{C_2^\delta h^3}{6EJ^\delta} = \frac{55130 \cdot 10^3 \cdot 6^3}{6 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 64,24 \cdot 10^{-6}} = 154,5.$$

Обобщенные безразмерные параметры боковой жесткости системы "осуд-армировка":

$$G_{1экв}^\delta = \frac{G_1^\delta}{1 + \gamma_1^\delta} = \frac{78,37}{1 + 0,344} = 58,31, \quad \text{Lg } G_{1экв}^\delta = 1,77;$$

$$G_{2экв}^\delta = \frac{G_2^\delta}{1 + \gamma_2^\delta} = \frac{154,5}{1 + 0,677} = 92,13, \quad \text{Lg } G_{2экв}^\delta = 1,96.$$

Параметр демумльтипликационного резонанса -  $M^\delta$ . Определяется из графика рис.5.7 в зависимости от  $\text{Lg}(G_{2экв}^\delta)_{min} = \text{Lg } G_{1экв}^\delta = 1,77$ :

$$M^\delta = 0,62.$$

Допустимый запас устойчивости :

$$\begin{aligned} [K^\delta] &= 3,75(1,3 \cdot M^\delta - 0,21) = \\ &= 3,75(1,3 \cdot 0,62 - 0,21) = 2,23. \end{aligned}$$

Относительные средние боковые жесткости проводников:

$$\epsilon_1^\delta = \frac{\epsilon_{1ср}^\delta}{1 + \gamma_1^\delta} = \frac{0,50}{1 + 0,344} = 0,37 ;$$

$$\epsilon_2^\delta = \frac{\epsilon_{2ср}^\delta}{1 + \gamma_2^\delta} = \frac{0,39}{1 + 0,677} = 0,23 ,$$

где  $\epsilon_{1ср}^\delta = 0,50$ ,  $\epsilon_{2ср}^\delta = 0,39$  - определяются из графика рис. 5.8 в зависимости от значений  $\lg \sigma_{экв}^\delta$ .

Коэффициенты неоднородности упругих характеристик проводников:

$$q = 1 - \left( \frac{\sigma_2^\delta \epsilon_2^\delta - \sigma_1^\delta \epsilon_1^\delta}{\sigma_2^\delta \epsilon_2^\delta + \sigma_1^\delta \epsilon_1^\delta} \right)^2 = 1 - \left( \frac{154,5 \cdot 0,23 - 78,37 \cdot 0,37}{154,5 \cdot 0,23 + 78,37 \cdot 0,37} \right)^2 = 0,99.$$

Мультипликаторы частот поворотных боковых колебаний сосуда:

$$\lambda_\psi^2 = \frac{m \cdot L^2}{4 \cdot J_\psi} = \frac{48500 \cdot 10,69^2}{4 \cdot 564700} = 2,45 ;$$

$$\lambda_\phi^2 = \frac{m \cdot S^2}{4 \cdot J_\phi} = \frac{48500 \cdot 2,33^2}{4 \cdot 59520} = 1,10.$$

Обобщенный мультипликатор частот боковых колебаний окипа -  $\rho^\delta$ . Определяется как наименьший корень кубического уравнения:

$$\rho^3 - \rho^2 [\lambda_\psi^2 (1 + e^2) + \lambda_\phi^2 + 1] + \rho [\lambda_\psi^2 \lambda_\phi^2 (1 + e^2 q) + \lambda_\phi^2 q + \lambda_\psi^2] - \lambda_\psi^2 \lambda_\phi^2 q = 0,$$

$$\begin{aligned} \rho^3 - \rho^2 [2,45(1 + 0,014^2) + 1,10 + 1] + \rho [2,45 \cdot 1,10(1 + 0,014^2 \cdot 0,99) + \\ + 1,10 \cdot 0,99 + 2,45] - 2,45 \cdot 1,10 \cdot 0,99 = 0 ; \end{aligned}$$

$$\rho^3 - 4,55 \rho^2 + 6,235 \rho - 2,668 = 0.$$

Кубическое уравнение целесообразно решать методом последовательного приближения путем подстановки значений  $\rho$ , приняв первоначальное его значение равным 1,0, либо по итерационной формуле Ньютона, приведенной ниже :

$$\rho_{n+1} = \rho_n - \frac{F(\rho_n)}{F'(\rho_n)}, \quad (a)$$

$$\text{где } F(\rho_n) = \rho_n^3 - 4,55\rho_n^2 + 6,235\rho_n - 2,668; \quad (б)$$

$$F'(\rho_n) = 3\rho_n^2 - 2 \cdot 4,55\rho_n + 6,235; \quad (в)$$

$\rho_n$  —  $n$ -ое приближение корня.

В нашем случае в качестве первого приближения следует брать  $\rho_1 = 1$ , затем по формулам (б) и (в) найти  $F(1)$  и  $F'(1)$  и вычислить второе приближение корня  $\rho_2$  по формуле (а).

Число необходимых итераций определяется требованием, чтобы разность между предыдущим и последующим значениями корня не превышала 0,01.

Обычно достаточно трех-четырех итераций.

В рассматриваемом примере:

$$F(1) = 0,017, \quad F'(1) = 0,135, \quad \rho_2 = 1 - \frac{0,017}{0,135} = 0,874;$$

$$F(0,874) = -0,0266, \quad F'(0,874) = 0,573, \quad \rho_3 = 0,874 + \frac{0,0266}{0,573} = 0,92 \text{ и т. д.}$$

После четвертой итерации получим значение корня с требуемой точностью:  $\rho_4 = 0,93$ .

Для нахождения двух других корней разделим многочлен на двучлен:

$$\begin{array}{r|l} \rho^3 - 4,55\rho^2 + 6,235\rho - 2,668 & \rho - 0,93 \\ \rho^3 - 0,93\rho^2 & \rho^2 - 3,62\rho + 2,868 \\ \hline -3,62\rho^2 + 6,235\rho & \\ -3,62\rho^2 + 3,367\rho & \\ \hline & 2,868\rho - 2,668 \\ & \underline{2,868\rho - 2,667} \end{array}$$

Решая квадратное уравнение

$$\rho^2 - 3,62\rho + 2,868 = 0 \quad , \text{ получим } \rho_2 = 1,17, \rho_3 = 2,45.$$

Таким образом,  $\rho^\delta = \rho_1 = 0,93$ .

Действительный запас устойчивости:

$$\begin{aligned} K^\delta &= \frac{h^2 \rho^\delta (C_1^\delta \delta_1^\delta + C_2^\delta \delta_2^\delta)}{2\pi^2 (k_p k_\delta)^2 (mV^2)} = \\ &= \frac{6^2 \cdot 0,93 (27970 \cdot 0,37 + 55130 \cdot 0,23) \cdot 10^3}{2\pi^2 (0,85 \cdot 0,62)^2 \cdot 48500 \cdot 14^2} = 14,79 > [K^\delta]. \end{aligned}$$

Допустимые скорость движения и масса огиба по отношению к боковым колебаниям:

$$[V^\delta] = V \sqrt{\frac{K^\delta}{[K^\delta]}} = 14 \sqrt{\frac{14,79}{2,23}} = 36,05 \frac{m}{c};$$

$$[m^\delta] = m \frac{K^\delta}{[K^\delta]} = 48500 \frac{14,79}{2,23} = 321700 \text{ кг.}$$

П.2.6.3. Допустимые скорость движения и масса огиба:

$$[V] = \min\{[V^A], [V^\delta]\} = [V^A] = 17,1 \frac{m}{c};$$

$$[m] = \min\{[m^A], [m^\delta]\} = [m^A] = 77500 \text{ кг.}$$

П.2.7. Проверочный расчет армировки на горизонтальные нагрузки.

Для удобства расчет сводем в табл.П.2.1.

Таблица П.2.1.

Наименование параметров	Ед. изм.	Результаты расчета			
		Лоб.		Бок.	
		пр.1	пр.2	пр.1	пр.2
I	2	3	4	5	6
И с х о д н ы е   д а н н ы е					
Масса груженого скипа, $m$	кг	48500			
Скорость движения, $U$	м/с	14			
Шаг армировки, $h$	м	6			
Жесткость расстрела, $C^{1(\delta)}$	кН/м	4130	4784	27970	55130
Параметр $\sigma^{1(\delta)}$	-	12,58	14,57	78,37	154,5
$\lg \sigma^{1(\delta)}$	-	1,1	1,16	1,89	2,19
Параметр $\sigma_k$	-	0			
Момент сопротивления проводника, $W^{1(\delta)}$	м <sup>3</sup>	6,22 · 10 <sup>-4</sup>		6,42 · 10 <sup>-4</sup>	
Относительное искривление проводников, $\frac{\Delta}{\delta}$	-	0,25			
Зазор, $\delta$	м	0,02			
Эксцентриситет скипа, $e$	-	0,014			
Коэффициент $k_p$	-	0,85			
Р а с ч е т   н а г р у з о к					
Кэф. $\eta^{1(\delta)}$ , см. табл. 5.4	-	0,97		0,63	
$P^{1(\delta)} = \frac{2\pi^2 k_p^2 \delta (m\gamma^2)}{h^2} \cdot \eta^{1(\delta)}$	кН	73,1		47,5	
$\xi_p^{1(\delta)}$ , см. рис. 5.9	-	0,37		0,42	
$\beta_M^{1(\delta)}$ , см. рис. 5.10	-	0,176		0,165	
$\beta_Q^{1(\delta)}$ , см. рис. 5.10	-	0,68		0,66	0,69

Продолжение таблицы П.2.1

1	2	3	4	5	6
$M_p^{(B)} = \rho^{(B)} \cdot h \cdot \beta_M^{(B)} \dots$	кгм	77,2		47,0	
$Q^{(B)} = \rho^{(B)} \cdot \beta_B^{(B)} \dots$	кН	49,7		32,3	32,8
Прогибы проводников					
$f(\xi_p)$ , см. рис. 5. II. . . . .	-	0,7	0,65	-	-
$f(\xi_0)$ , см. рис. 5. II. . . . .	-	1,16	1,14	-	-
$f_p^A = \frac{\rho^A}{c^A \cdot f(\xi_p)}$ . . . . .	м	0,025	0,023	-	-
$f_0^A = \frac{Q^A}{c^A \cdot f(\xi_0)}$ . . . . .	м	0,01	0,009	-	-
$[f]$ . . . . .	м	0,045			
$[V_n]$ . . . . .	м/с	18,78	19,58		
$[m_n]$ . . . . .	кг	87300	94890		
Напряжения в проводнике под силой					
$G_u = \frac{M_p^{(B)}}{W^{(B)}} \dots$	МПа	124,1		73,2	
$[G_u]$ . . . . .	МПа			350	
$[V_n]$ . . . . .	м/с	23,5		30,6	
$[m_n]$ . . . . .	кг	137000		232000	

Допустимые скорость движения и масса сосуда:

$$[V] = \min\{[V_y], [V_n], [V_n]\} = 17,7 \frac{m}{c}; \quad [m] = \min\{[m_y], [m_n], [m_n]\} = 77500 \text{ кг.}$$

П.2.8. Глубины заделки концов расстрелов в крепь ствола.

Расчетные значения глубин заделок определяются по формуле.

(5.111):

$$t_p = t \frac{1 + \cos \omega_p}{2 \cdot \cos \omega_p}, \text{ м.}$$



## П.2.8.1. Расстрел I.

Глубина заделки  $t$  определяется по формуле (5.112):

$$t = 0,8 \left[ \frac{Q}{R} + \sqrt{\left(\frac{Q}{R}\right)^2 + \frac{3QL}{R}} \right], \text{ м.},$$

где  $Q = \frac{Q_2^{\delta}}{2} = \frac{32,8}{2} = 16,4 \text{ кН};$

$$l = L_0 + \frac{b}{2} + \frac{2}{3}H = 0,45 + \frac{0,104}{2} - \frac{2}{3} \cdot 0,19 = 0,63 \text{ м};$$

$$R_0 = G_0 (h + 0,25B) = 10^6 (0,17 + 0,25 \cdot 0,104) = 196000 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 196 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Здесь:  $G_0 = 1,0 \text{ МПа}$  - расчетное сопротивление бетона;

$h$ ,  $B$  - геометрические размеры расстрела  
(см. рис. 5.12в):

$h = 0,170 \text{ м}$  - высота расстрела,

$B = 0,104 \text{ м}$  - ширина полки расстрела.

Подставив полученные значения в формулу, получим:

$$t = 0,8 \left[ \frac{16,4}{196} + \sqrt{\left(\frac{16,4}{196}\right)^2 + \frac{3 \cdot 16,4 \cdot 0,63}{196}} \right] = 0,39 \text{ м.}$$

Расчетная глубина заделки равна:

$$t_p = t \frac{1 + \cos \omega_{p1}}{2 \cos \omega_{p1}} = 0,39 \frac{1 + \cos 34^\circ}{2 \cos 34^\circ} = 0,43 \text{ м.},$$

где  $\omega_{p1} = 34^\circ$  - угол между продольной осью стойки расстрела и нормалью к креплению ствола в месте заделки.

## П.2.8.2. Расстрел П.

Глубина заделки  $t$  определяется по формуле (5.118):

$$t = \sqrt{\beta_1^2 + \beta_2} + \beta_1, \text{ м.}$$

Определяем коэффициенты  $\beta_i$  :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \frac{1}{R} \left[ \frac{Q}{2l^3} (3a^2l - 2l^3 - a^3) - \frac{3b_0 E J_2}{\tau l^3} \right] = \\ &= \frac{1}{196 \cdot 10^3} \left[ \frac{49,7 \cdot 10^3}{2 \cdot 4^3} (3 \cdot 2,35^2 \cdot 4 - 2 \cdot 4^3 - 2,35^3) - \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 8,4 \cdot 10^{-6}}{10^{10} \cdot 4^3} \right] = -0,148; \end{aligned}$$

$$\beta_2 = \frac{3Qa}{2Rl^2} (a^2 - 3a(l + 2l^2)) = \frac{3 \cdot 49,7 \cdot 10^3 \cdot 2,35}{2 \cdot 196 \cdot 10^3 \cdot 4^2} (2,35^2 - 3 \cdot 2,35 \cdot 4 + 2 \cdot 4^2) = 0,521,$$

где  $Q = Q^A = 49,7$  кН;  $J_2 = 8,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$ ;

$l = a_{02} = 4$  м - длина расстрела до упора (см. рис. П.1.1);

$a = a_2 = 2,35$  м - расстояние по оси расстрела от крещи ствола до точки приложения нагрузки (до проводника);

$\tau = 10000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$  - коэффициент постели;

$R$  и  $b_0$  - см. п. П.2.8.1.

Подставив полученные коэффициенты в уравнение, получим:

$$t = \sqrt{(-0,148)^2 + 0,521} - 0,148 = 0,59 \text{ м.}$$

Так как  $\omega_{p2} = 0$   $t_p = t$ .

## П.2.8.3. Упор.

Глубина заделки определяется по формуле (5.122):

$$t_p = t = \frac{2 Q^A}{\sigma \sigma_0} = \frac{2 \cdot 49,7 \cdot 10^3}{0,548 \cdot 10^6} = 0,18 \text{ м},$$

где  $Q^A = 49,7$  кН (см. табл. II.2.1);

$$\sigma = 2(h + b) = 2(0,17 + 0,104) \quad - \text{внешний периметр поперечного сечения упора};$$

$$\sigma_0 = 1,0 \text{ МПа.}$$

II.2.8.4. В соответствии с результатами расчета и рекомендациями п.5.8. окончательно принимаем расчетные значения глубин заделок:

$$\text{для П-образных расстрелов} \quad - t_p = 0,45 \text{ м},$$

$$\text{для центрального расстрела} \quad - t_p = 0,60 \text{ м},$$

$$\text{для упора} \quad - t_p = 0,25 \text{ м}.$$

### II.2.9. Выводы.

Выбранные параметры конструкции армировки данной подъемной установки полностью удовлетворяют условиям динамической устойчивости движения скипа, прочности и кинематической связи его жестких направляющих с проводниками.

**П.3. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВКИ КЛЕТЕВОГО ПОДЪЕМА  
ПРИ ДИАГОНАЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПРОВОДНИКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО  
СОСУДА**

П.3.1. Исходные данные для расчета.

П.3.1.1. Масса порожней клетки (с учетом масс подвесных устройств и зонта) -  $m_c = 10350 \text{ кг}$ .

П.3.1.2. Масса груженой клетки -  $m = 17350 \text{ кг}$ .

П.3.1.3. Максимальная скорость движения груженой клетки -  
-  $V = 12 \text{ м/с}$ .

П.3.1.4. Центральные моменты инерции груженой клетки:

$$J_{\varphi} = 90920 \text{ кг.м}^2; \quad J_{\psi} = 103700 \text{ кг.м}^2; \quad J_{\varphi} = 20190 \text{ кг.м}^2.$$

П.3.1.5. Моменты инерции поперечных сечений вертикальных стоек рамы:  $J_{cm}^x = J_{cm}^y = 0,86 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$ ;  $J_{cm}^{\delta} = J_{cm}^{\gamma} = 10,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$ .

П.3.1.6. Тип рабочих направляющих устройств клетки - жесткие направляющие скольжения.

П.3.1.7. Расстояния от горизонтальной плоскости, проходящей через центр масс груженой клетки, до нижних и верхних направляющих устройств -  $A = 2,27 \text{ м}$ ,  $B = 2,95 \text{ м}$ .

П.3.1.8. Расстояние по вертикали между нижними и верхними направляющими устройствами -  $L = A + B = 5,22 \text{ м}$ .

П.3.1.9. Шаг армировки -  $h = 4,168 \text{ м}$ .

П.3.1.10. Ширина колеи -  $S = 4,27 \text{ м}$ .

П.3.1.11. Проводники:

тип - рельс Р43;

моменты инерции поперечного сечения в лобовом и боковом направлениях

$$J^x = 14,89 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4; \quad J^{\delta} = 2,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

моменты сопротивления поперечного сечения в лобовом и боковом направлениях

$$W^{\lambda} = 2,083 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3; \quad W^{\delta} = 0,45 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

П.3.1.12. Расстрельные балки:

тип - двутавровые балки I 36С ГОСТ 19425-74;  
момент инерции относительно вертикальной оси  
и площадь поперечного сечения

$$J_z = 6,18 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4, \quad F = 54,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

П.3.1.13. Вид крепи ствола - бетон.

П.3.1.14. Материал заделки лунок - крепление расстрелов к крепи ствола с помощью анкеров.

П.3.1.15. Схема конструкции армировки и ее основные размеры - рис.П.3.1.

П.3.2. Жесткостные характеристики расстрельных балок.

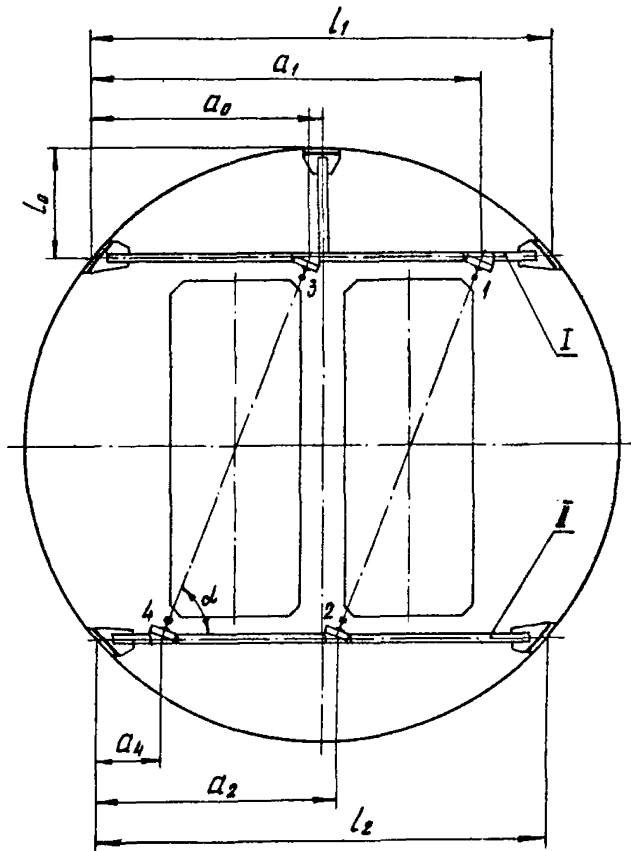
Расчет проводим для системы с проводниками I и 2, как более слабой по жесткостным характеристикам.

П.3.2.1. Дюбовая жесткость определяется по формуле (5.10):

$$C^{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sin \alpha}{C_g^{\lambda}}\right)^2 + \left(\frac{\cos \alpha}{C_g^{\delta}}\right)^2}}, \quad \frac{H}{M},$$

где  $C_g^{\lambda}$  и  $C_g^{\delta}$  - жесткости расстрела в направлениях соответственно перпендикулярном и параллельном его продольной оси;

$\alpha = 69^{\circ}30'$  - угол между горизонтальной диагональю клетки, лежащей в плоскости проводников, и продольной осью расстрела.



$$\begin{aligned}
 l_1 &= l_2 = 5,36 \text{ м}; \\
 l_0 &= 1,25 \text{ м}; \quad a_1 = 4,555 \text{ м}; \\
 a_2 &= 2,805 \text{ м}; \quad a_4 = 0,805 \text{ м}; \\
 a_0 &= 2,68 \text{ м}; \quad \alpha = 69^{\circ}30'.
 \end{aligned}$$

Рис. П.3.1. Схема армировки клетового ствола и ее основные геометрические размеры

П.3.2.1.1. Расстрел I, проводник I.

Жесткость  $C_g^A$  в соответствии с расчетной схемой рис.П.3.2 определяется по формуле:

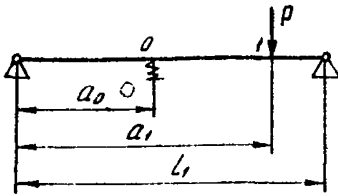


Рис.П.3.2. Расчетная схема

$$C_g^A = \frac{k}{\delta_{11} - \delta_{10}\chi_0} \cdot \frac{H}{M},$$

где

$$\chi_0 = \frac{\delta_{01}}{\Delta_0 + \delta_{00}},$$

$k = 1$  для анкерного крепления концов расстрела.

Из-за наличия упора влиянием смежного проводника 3 на жесткость расстрела в точке I пренебрегаем (см. приложение I).

Из исходных данных и рис.П.3.1 имеем:

$$L_1 = 5,36\text{м}; \quad a_1 = 4,555\text{м}; \quad L_0 = 1,25\text{м}; \quad a_0 = 2,68\text{м};$$

$$J_{20} = J_2 = 6,18 \cdot 10^{-6} \text{м}^4; \quad F_0 = F = 90,9 \cdot 10^{-4} \text{м}^2.$$

$$\Delta_0 = \frac{\pi L_0}{EF_0} = \frac{1,25}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 90,9 \cdot 10^{-4}} = 0,000687 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{Н}},$$

где  $\pi = 1$  для анкерного крепления упора к крещи ствола.

$$\delta_{ij} = \frac{a_j^2 (L - a_j)^2}{3EJ_2L} \cdot \frac{\text{м}}{\text{Н}}, \quad \text{откуда}$$

$$\delta_{11} = \frac{a_1^2 (L_1 - a_1)^2}{3EJ_2L_1} = \frac{4,555^2 (5,36 - 4,555)^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6,18 \cdot 10^{-6} \cdot 5,36} = 0,676 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{Н}};$$

$$\delta_{00} = \frac{a_0^2 (L_1 - a_0)^2}{3EJ_2L_1} = \frac{2,68^2 (5,36 - 2,68)^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6,18 \cdot 10^{-6} \cdot 5,36} = 2,596 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{Н}};$$

$$\delta_{10} = \frac{a_1 (L - a_1) [L^2 - a_1^2 - (L - a_1)^2] + (a_1 - a_0)^3 L}{6EJ_2L} \cdot \frac{\text{м}}{\text{Н}},$$

откуда

$$\delta_{01} = \delta_{10} = \frac{a_0(L_1 - a_1)[L_1^2 - a_0^2 - (L_1 - a_1)^2] + (a_0 - a_1)^3 L_1}{6EJ_2 L_1} =$$

$$= \frac{2,68(5,36 - 4,555)[5,36^2 - 2,68^2 - (5,36 - 4,555)^2]}{6 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6,18 \cdot 10^{-6} \cdot 5,36} = 1,134 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}}{\text{Н}};$$

$$\chi_0 = \frac{1,134}{0,000687 + 2,596} = 0,437;$$

$$C_9^A = \frac{10^6}{0,676 - 1,134 \cdot 0,437} = 5,542 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 5542 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Жесткость  $C_9^\delta$  определяется по формуле (5.21):

$$C_9^\delta = \frac{k E F L_1}{a_1(L_1 - a_1)} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 90,9 \cdot 10^{-4} \cdot 5,36}{4,555(5,36 - 4,555)} = 2658 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}} =$$

$$= 2658000 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Жесткость  $C_1^A$  равна:

$$C_1^A = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sin 69^\circ 30' \cdot 5542}{2658000}\right)^2 + \left(\frac{\cos 69^\circ 30'}{2658000}\right)^2}} = 5915 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

П.3.2.1.2. Расстрел II, проводник 2.

Расчет аналогичен предыдущему.

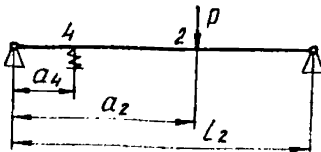


Рис. П.3.3. Расчетная схема.

$$L_2 = 5,36 \text{ м};$$

$$a_2 = 2,805 \text{ м};$$

$$a_4 = 0,805 \text{ м};$$

$$J^A = 14,89 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$



В соответствии с расчетной схемой рис.П.3.3.:

$$C_9^A = \frac{k}{\delta_{22} + \delta_{24} X_4}, \frac{H}{M},$$

где  $X_4 = \frac{\delta_{42}}{\Delta_4 + \delta_{44}}$ .

$$\Delta_4 = \frac{h^3}{8EJ^A} = \frac{4,168^3}{8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 14,89 \cdot 10^{-6}} = 3,039 \cdot 10^{-6} \frac{M}{H};$$

$$\delta_{22} = \frac{a_2^2 (L_2 - a_2)^2}{3EJ_2 L_2} = \frac{2,805^2 (5,36 - 2,805)^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6,18 \cdot 10^{-6} \cdot 5,36} = 2,584 \cdot 10^{-6} \frac{M}{H};$$

$$\delta_{44} = \frac{a_4^2 (L_2 - a_4)^2}{3EJ_2 L_2} = \frac{0,805^2 (5,36 - 0,805)^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6,18 \cdot 10^{-6} \cdot 5,36} = 0,676 \cdot 10^{-6} \frac{M}{H};$$

$$\begin{aligned} \delta_{24} = \delta_{42} &= \frac{a_4 (L_2 - a_2) [L_2^2 - a_4^2 - (L_2 - a_2)^2] + (a_4 - a_2)^3 L_2}{6EJ_2 L_2} = \\ &= \frac{0,805 (5,36 - 2,805) [5,36^2 - 0,805^2 - (5,36 - 2,805)^2]}{6 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6,18 \cdot 10^{-6} \cdot 5,36} = 1,115 \cdot 10^{-6} \frac{M}{H}; \end{aligned}$$

$$X_4 = \frac{1,115}{3,039 + 0,676} = 0,3.$$

$$C_9^A = \frac{10^6}{2,584 - 1,115 \cdot 0,3} = 0,445 \cdot 10^6 \frac{H}{M} = 445 \frac{KH}{M}.$$

Жесткость  $C_9^{\delta}$  определяется по формуле (5.21):

$$C_9^{\delta} = \frac{k E F L_2}{a_2 (L_2 - a_2)} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 90,9 \cdot 10^{-4} \cdot 5,36}{2,805 \cdot (5,36 - 2,805)} = 1360 \cdot 10^6 \frac{H}{M} = 1360000 \frac{KH}{M}$$

Жесткость  $C_2^A$  равна:

$$C_2^A = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sin 69^\circ 30' }{445}\right)^2 + \left(\frac{\cos 69^\circ 30' }{1360000}\right)^2}} = 475 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

П.3.2.2. Боковая жесткость определяется по формуле (5.24):

$$C_g^\delta = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\cos \alpha}{C_g^A}\right)^2 + \left(\frac{\sin \alpha}{C_g^\delta}\right)^2} + \frac{d^2}{3EJ_z L} [L(L-3a_0) + 3a_0^2] + \frac{\Phi}{E}}, \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

где  $C_g^A$  и  $C_g^\delta$  - см. пп. 3.2.1.1 и 3.2.1.2;

$$\alpha = 69^\circ 30';$$

$a_0$  - большее расстояние по оси расстрела от проводника до крепи отвола;

$$\Phi = 1500 \text{ м}^{-1} - \text{см. табл. 5.2};$$

$$d = l_g - \frac{r}{2} + H = 0,135 - 0,0304 + 0,14 = 0,26 \text{ м} \quad (l_g - \text{расстояние от продольной оси расстрела до подошвы проводника по линии, соединяющей проводники}).$$

П.3.2.2.1. Расстрел I, проводник I.

$$C_1^\delta = 1: \left\{ \sqrt{\left(\frac{\cos 69^\circ 30' }{5542 \cdot 10^3}\right)^2 + \left(\frac{\sin 69^\circ 30' }{2658000 \cdot 10^3}\right)^2} + \frac{0,26^2}{3,2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6,18 \cdot 10^{-6} \cdot 5,36} [5,36(5,36 - 3 \cdot 4,555) + 3 \cdot 4,555^2] + \frac{1500}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6} \right\} = 7636000 \frac{\text{Н}}{\text{м}} = 7636 \frac{\text{кН}}{\text{м}},$$

где  $L = l_1 = 5,36 \text{ м}$ ;  $a_0 = a = 4,555 \text{ м}$ .

П.3.2.2.2. Расстрел П, проводник 2.

$$C_2^{\delta} = 1: \left\{ \sqrt{\left(\frac{\cos 69^{\circ}30'}{445 \cdot 10^3}\right)^2 + \left(\frac{\sin 69^{\circ}30'}{1360000 \cdot 10^3}\right)^2} + \frac{0,26^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6,18 \cdot 10^{-6} \cdot 5,36} [5,36(5,36 - 3 \cdot 2,805) + 3 \cdot 2,805^2] + \frac{1500}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6} \right\} = 1220000 \frac{H}{M} = 1220 \frac{KH}{M}.$$

П.3.3. Инерциальные характеристики грузовой клетки.

Моменты инерции клетки относительно ее центральных горизонтальных осей, направленных параллельно и перпендикулярно плоскости проводников, и относительно ее центральной вертикальной оси определяются по формулам (5.55):

$$\begin{aligned} J_{\psi g} &= J_{\psi} \sin^2 \alpha + J_{\varphi} \cos^2 \alpha = \\ &= 90920 \cdot \sin^2 69^{\circ}30' + 103700 \cdot \cos^2 69^{\circ}30' = 92530 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{\varphi g} &= J_{\varphi} \sin^2 \alpha + J_{\psi} \cos^2 \alpha = \\ &= 103700 \cdot \sin^2 69^{\circ}30' + 90920 \cdot \cos^2 69^{\circ}30' = 102200 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \end{aligned}$$

$$J_{\phi g} = J_{\phi} = 20190 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

где  $J_{\psi}$ ,  $J_{\varphi}$  и  $J_{\phi}$  - моменты инерции грузовой клетки относительно ее центральных горизонтальных осей, направленных параллельно и перпендикулярно продольной оси клетки, и относительно ее центральной вертикальной оси.

### П.3.4. Жесткостные характеристики клетки.

Добовая (бокoвая) жесткость клетки определяется по формуле (5.61) :

$$C^A(\delta) = \frac{11 \cdot \gamma_2^4 \cdot E \cdot J_{cmg}^{A(\delta)} \cdot m_c}{L^4 \cdot q_{cm}}, \frac{H}{M}$$

где  $m_c = 10350 \text{ кг}$  - масса порокней клетки;

$L = 5,22 \text{ м}$  - расстояние по вертикали между нижними и верхними направляющими устройствами;

$q_{cm} = 18 \text{ кг/м}$  - усредненная линейная плотность стоек клетки;

$\gamma_2 = 1,2$  - коэффициент, определяемый по графику рис.5.6 в зависимости от значения параметра  $Z_2$  :

$$Z_2 = 0,33 \left( \frac{m_c}{L \cdot q_{cm}} - 8 \right) = 0,33 \left( \frac{10350}{5,22 \cdot 18} - 8 \right) = 33,71;$$

$J_{cmg}^A, J_{cmg}^\delta$  - усредненные центральные моменты инерции поперечных сечении стоек рамы клетки относительно их горизонтальных осей, направленных перпендикулярно и параллельно плоскости проводников; определяются по формулам (5.64) :

$$\begin{aligned} J_{cmg}^A &= J_{cm}^A \cos^2 \alpha + J_{cm}^\delta \sin^2 \alpha = \\ &= 0,86 \cdot 10^{-6} \cos^2 69^\circ 30' + 10,9 \cdot 10^{-6} \sin^2 69^\circ 30' = 9,67 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J_{cmg}^\delta &= J_{cm}^\delta \cos^2 \alpha + J_{cm}^A \sin^2 \alpha = \\ &= 10,9 \cdot 10^{-6} \cos^2 69^\circ 30' + 0,86 \cdot 10^{-6} \sin^2 69^\circ 30' = 2,09 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 \end{aligned}$$

( $J_{cm}^{A,\delta}$  - усредненные центральные моменты инерции поперечных сечений стоек рамы клетки относительно их горизонтальных осей, соответственно параллельных и перпен-

двулярных продольной оси клетки.

Подставив полученные значения в формулу, получим:

$$C_0^A = \frac{11 \cdot 1,28^4 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 9,67 \cdot 10^{-6} \cdot 10350}{5,22^4 \cdot 18} =$$

$$= 44\,220\,000 \frac{H}{M} = 44\,220 \frac{KH}{M};$$

$$C_0^B = \frac{11 \cdot 1,28^4 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 2,09 \cdot 10^{-6} \cdot 10350}{5,22^4 \cdot 18} =$$

$$= 9559000 \frac{H}{M} = 9559 \frac{KH}{M}.$$

П.3.5. Проверочный расчет параметров армировки по условию динамической устойчивости движения клетки.

П.3.5.1. Проверка запаса устойчивости по отношению к лобовым колебаниям.

$$C^A = \sqrt{C_1^A \cdot C_2^A} = \sqrt{5915 \cdot 475} = 1676 \frac{KH}{M};$$

$$\gamma^A = \frac{C^A}{C_0^A} = \frac{1676}{44\,220} = 0,0379;$$

$$B^A = \frac{C^A h^3}{6 E J^A} = \frac{1676 \cdot 10^3 \cdot 4,168^3}{6 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 14,89 \cdot 10^{-6}} = 6,79;$$

$$B_{экв}^A = \frac{B^A}{1 + \gamma^A} = \frac{6,79}{1 + 0,0379} = 6,542;$$

$$Lg B_{экв}^A = Lg 6,542 = 0,816.$$

Из графика рис.5.7  $M^A = 0,515$

Допустимый запас устойчивости:

$$[M^A] = 3,75(1,3 M^A - 0,21) = 3,75(1,3 \cdot 0,515 - 0,21) = 1,72;$$

$$\lambda_{\text{г}}^2 = \frac{\pi L^2}{4 J_{\text{гг}}} = \frac{17350 \cdot 5,22^2}{4 \cdot 92\,530} = 1,26;$$

$$e = \left| \frac{A-B}{A+B} \right| = \left| \frac{2,27-2,95}{2,27+2,95} \right| = 0,13;$$

$$\begin{aligned} \rho^1 &= \frac{1}{2} \left\{ 1 + \lambda_{\varphi}^2 (1 + e^2) - \sqrt{[1 + \lambda_{\varphi}^2 (1 + e^2)]^2 - 4 \lambda_{\varphi}^2} \right\} = \\ &= \frac{1}{2} \left\{ [1 + 1,26 (1 + 0,13^2)] - \sqrt{[1 + 1,26 (1 + 0,13^2)]^2 - 4 \cdot 1,26} \right\} = 0,92; \end{aligned}$$

$$\lg G^1 = \lg 6,79 = 0,83; \text{ из графика рис. 5.8 } \epsilon_{\text{ср}}^1 = 1,08;$$

$$\epsilon^1 = \frac{\epsilon_{\text{ср}}^1}{1 + \gamma^1 \epsilon_{\text{ср}}^1} = \frac{1,08}{1 + 0,0379 \cdot 1,08} = 1,04.$$

Действительный запас устойчивости:

$$\begin{aligned} K^1 &= \frac{\sigma^1 \epsilon^1 \rho^1 h^2}{2 \pi^2 (k_p M^1)^2 (m r^2)} = \\ &= \frac{1676 \cdot 10^3 \cdot 1,04 \cdot 0,92 \cdot 4,168^2}{2 \pi^2 \cdot 0,515^2 \cdot 17350 \cdot 12^2} = 2,13 > [K^1], \end{aligned}$$

где  $k_p = 1$  для сосудов с жесткими рабочими направляющими устройствами.

П.3.5.2. Проверка запаса устойчивости по отношению к боковым колебаниям.

$$\gamma_1^{\delta} = \frac{\sigma_1^{\delta}}{\sigma_c^{\delta}} = \frac{7636}{9559} = 0,799; \quad \gamma_2^{\delta} = \frac{\sigma_2^{\delta}}{\sigma_c^{\delta}} = \frac{1220}{9559} = 0,128;$$

$$\sigma_1^{\delta} = \frac{\sigma_1^{\delta} h^3}{6 E J^{\delta}} = \frac{7636 \cdot 10^3 \cdot 4,168^3}{6 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 2,6 \cdot 10^{-6}} = 177,2;$$

$$\sigma_2^{\delta} = \frac{\sigma_2^{\delta} h^3}{6 E J^{\delta}} = \frac{1220 \cdot 10^3 \cdot 4,168^3}{6 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 2,6 \cdot 10^{-6}} = 28,3;$$

$$\sigma_{1экв}^{\delta} = \frac{\sigma_1^{\delta}}{1 + \gamma_1^{\delta}} = \frac{177,2}{1 + 0,799} = 98,5 ; \quad \lg \sigma_{1экв}^{\delta} = 1,99 ;$$

$$\sigma_{2экв}^{\delta} = \frac{\sigma_2^{\delta}}{1 + \gamma_2^{\delta}} = \frac{28,3}{1 + 0,128} = 25,09 ; \quad \lg \sigma_{2экв}^{\delta} = 1,4 ,$$

$\mu^{\delta} = 0,56$  \* из графика рис. 5.7 в зависимости от

$$\lg(\sigma_{экв}^{\delta})_{min} = 1,4 .$$

Допустимый запас устойчивости:

$$[K^{\delta}] = 3,75 [1,3 \mu^{\delta} - 0,21] = 3,75 [1,3 \cdot 0,56 - 0,21] = 1,94 .$$

$\epsilon_{1cp}^{\delta} = 0,37$ ,  $\epsilon_{2cp}^{\delta} = 0,69$  - из графика рис.5.8 в зависимости от  $\lg \sigma_{1экв}^{\delta}$  и  $\lg \sigma_{2экв}^{\delta}$  ;

$$\epsilon_1^{\delta} = \frac{\epsilon_{1cp}^{\delta}}{1 + \gamma_1^{\delta}} = \frac{0,37}{1 + 0,799} = 0,209 ;$$

$$\epsilon_2^{\delta} = \frac{\epsilon_{2cp}^{\delta}}{1 + \gamma_2^{\delta}} = \frac{0,69}{1 + 0,128} = 0,612 ;$$

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \left( \frac{\sigma_2^{\delta} \epsilon_2^{\delta} - \sigma_1^{\delta} \epsilon_1^{\delta}}{\sigma_2^{\delta} \epsilon_2^{\delta} + \sigma_1^{\delta} \epsilon_1^{\delta}} \right)^2 = \\ &= 1 - \left( \frac{28,3 \cdot 0,612 - 177,2 \cdot 0,209}{28,3 \cdot 0,612 + 177,2 \cdot 0,209} \right)^2 = 0,873 ; \end{aligned}$$

$$\lambda_{\psi}^2 = \frac{m L^2}{4 J_{\psi g}} = \frac{17350 \cdot 5,22^2}{4 \cdot 102200} = 1,16 ;$$

$$\lambda_{\phi}^2 = \frac{m s^2}{4 J_{\phi g}} = \frac{17350 \cdot 4,27^2}{4 \cdot 20190} = 3,92 ;$$

$$\rho^3 - \rho^2 [\lambda_{\psi}^2 (1 + e^2) + \lambda_{\phi}^2 + 1] + \rho [\lambda_{\psi}^2 \lambda_{\phi}^2 (1 + e^2 q) + \lambda_{\phi}^2 q + \lambda_{\psi}^2] - \lambda_{\psi}^2 \lambda_{\phi}^2 q = 0;$$

$$\rho^3 - \rho^2 [1,16(1 + 0,13^2) + 3,92 + 1] + \rho [1,16 \cdot 3,92(1 + 0,13^2 \cdot 0,873) + 3,92 \cdot 0,873 + 1,16] - 1,16 \cdot 3,92 \cdot 0,873 = 0;$$

$$\rho^3 - 6,10 \rho^2 + 9,196 \rho - 3,97 = 0; \quad , \text{ откуда}$$

$$\rho_1 = 0,804; \quad \rho_2 = 1,21; \quad \rho_3 = 4,086,$$

$$\rho^{\delta} = \min(\rho_1, \rho_2, \rho_3) = 0,804.$$

Действительный запас устойчивости:

$$\begin{aligned} K^{\delta} &= \frac{h^2 \rho^{\delta} (\alpha_1^{\delta} \epsilon_1^{\delta} + \alpha_2^{\delta} \epsilon_2^{\delta})}{2 \pi^2 (K_{\rho} \mu^{\delta})^2 (m \nu^2)} = \\ &= \frac{4,168^2 \cdot 0,804 (76,36 \cdot 0,209 + 1220 \cdot 0,612) \cdot 10^3}{2 \pi^2 \cdot 0,54^2 \cdot 17350 \cdot 12^2} = 2,25 > [K^{\delta}]. \end{aligned}$$

П.3.6. Проверочный расчет армировки на горизонтальные нагрузки.

Результаты расчета сводим в табл.П.3.1.

Таблица П.3.1.

Наименование параметров	Ед. изм.	Результаты расчета			
		лоб.		бок.	
		пр.1	пр.2	пр.1	пр.2
I	2	3	4	5	6
И с к о л н ы е      д а н н ы е					
Жесткость расстрела, $C^{A(\delta)}$	кН/м	5915	475	7636	1220
Параметр $B^{A(\delta)}$	-	23,97	1,92	177,2	28,3



Продолжение табл.П.3.1.

I	2	3	4	5	6
$lg \sigma^{A(\delta)}$ . . . . .	-	1,38	0,283	2,25	1,45
Параметр $b_r$ . . . . .	-	0		$\infty$	
Момент сопротивления проводника, $W^{A(\delta)}$ . . . . .	м <sup>3</sup>	2,083 · 10 <sup>-4</sup>		0,45 · 10 <sup>-4</sup>	
Параметр $\frac{\Delta}{\delta}$ . . . . .	-			0,5	
Зазор, $\delta$ . . . . .	м			0,01	
Экцентриситет клетки, $e$ . . . . .	-			0,13	
Р а с ч е т   н а г р у з о к					
Коэф. $\eta^{A(\delta)}$ , см.табл.5.4 . . . . .	-	0,89	1,4	0,74	0,89
$\rho^{A(\delta)} = \frac{2\pi^2 k_p^2 \delta^3 (mv^2)}{h^2} \eta^{A(\delta)}$ . . . . .	кН	25,27	39,74	21,0	25,27
$\xi^{A(\delta)}$ , см.рис.5.9 . . . . .	-	0,33	0,05	0,37	0,35
$\beta_M^{A(\delta)}$ , см.рис.5.10 . . . . .	-	0,156	0,14	0,109	0,107
$\beta_R^{A(\delta)}$ , см.рис.5.10 . . . . .	-	0,76	0,62	0,67	0,65
$M_p^{A(\delta)} = \rho^{A(\delta)} \cdot h \cdot \beta_M^{A(\delta)}$ . . . . .	кН м	16,43	23,19	9,54	11,27
$Q^{A(\delta)} = \rho^{A(\delta)} \cdot \beta_R^{A(\delta)}$ . . . . .	кН	19,21	24,64	14,07	16,42
П р о г и б ы   п р о в о д н и к о в					
$f(\xi_p)$ , см.рис.5.11 . . . . .	-	0,51	1,59	-	-
$f(\xi_o)$ , см.рис.5.11 . . . . .	-	1,09	1,60	-	-
$f_p^A = \frac{\rho^A}{\varepsilon^A f(\xi_p)}$ . . . . .	м	0,008	0,053	-	-

Продолжение табл. П.3.1

I	2	3	4	5	6
$f_0 = \frac{Q^1}{c^1 f(\beta_0)} \dots \dots \dots$	м	0,003	0,032	-	-
$[f] \dots \dots \dots$	м	0,015			
Напряжения в проводнике под силой					
$\sigma_u = \frac{M_D^{1(\beta)}}{W^{1(\beta)}} \dots \dots \dots$	МПа	78,9	111,3	212	250
$[\sigma_u] \dots \dots \dots$	МПа	350			

## П.3.7. Выводы.

Проверочный расчет показал, что параметры конструкции армировки при заданных режимах работы подъемной установки удовлетворяют условиям динамической устойчивости движения клетки ~~и кинематической связи ее жестких направляющих с проводниками~~, но не удовлетворяют условиям кинематической связи ее жестких направляющих с проводниками ~~и прочности проводника в боковом направлении~~.

В связи с этим необходимо либо снизить скорость движения клетки, либо улучшить жесткостные характеристики системы "осуд-армировка" путем изменения параметров армировки или усиления конструкции клетки.

Расчеты показывают, что усиление конструкции армировки путем установки на втором расстреле упора и применение в качестве проводника рельса Р50 вместо Р 43 обеспечат требуемую прочность системы.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ, ЖЕСТКОСТНЫЕ И ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛЕТЕЙ

Всего листов 5

Лист I

№ п/п	Обозначение типоразмера клетки	Масса порожней клетки, кг	Тип и масса грузовой вагонетки, кг	Геометрические характеристики клетки, м			Жесткость клетки, кН/м		Центральные моменты инерции грузовой клетки, кг м <sup>2</sup>		
				L	A	B	C <sub>α</sub> <sup>1</sup>	C <sub>α</sub> <sup>5</sup>	J <sub>φ</sub>	J <sub>ψ</sub>	J <sub>α</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ЛУКН I,55-I	1630	ВГ-I,0 2610	2,88	1,28	1,60	48330	47090	4860	5130	840
2	ЛУКН I,55-I	2630	ВГ-I,0 2610	5,17	$\frac{2,57}{2,32}$	$\frac{2,60}{2,85}$	1370	13390	$\frac{29260}{27900}$	$\frac{29740}{23180}$	$\frac{1540}{1150}$
3	ЛУКН I,9-I	1900	ВГ-I,1 2900	2,91	1,31	1,60	42740	364500	5870	6390	1190
4	ЛУКН I,9Г-2	1950	ВГ-I,1 2900	2,50	1,31	1,19	80520	686800	6460	6920	1250
5	ЛУКН I,9-I	2950	ВГ-I,1 2900	5,17	$\frac{2,60}{2,36}$	$\frac{2,57}{2,81}$	900	7690	$\frac{33960}{32500}$	$\frac{34810}{33100}$	$\frac{2070}{1590}$
6	ЛУКН I,9Г-2	3300	ВГ-I,1 2900	4,5	$\frac{2,39}{2,14}$	$\frac{2,11}{2,33}$	1460	12430	$\frac{27750}{26070}$	$\frac{28650}{26700}$	$\frac{2300}{1820}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	ЛУКН2,55-1,2	2750	ВГ-1,4 3625	2,78	1,32	1,46	74270	633400	9680	11260	2790
8	ЛУКН2,55Г-3	2750	ВГ-1,4 3625	1,89	1,32	0,57	439600	4284000	9680	11260	2790
9	ЗУКН2,55Г-1,2	4000	ВГ-1,4 3625	5,00	<u>2,38</u> 2,09	<u>2,62</u> 2,91	1580	15400	<u>35490</u> 32980	<u>38240</u> 34870	<u>4700</u> 3530
10	ЗУКН2,55Г-3	4000	ВГ-1,4 3625	4,00	<u>2,38</u> 2,09	<u>1,62</u> 1,91	3150	30670	<u>35490</u> 32980	<u>38240</u> 34870	<u>4700</u> 3530
11	ЛУКН3,3Г-2	2890	ВГ-1,6 4350	2,80	1,31	1,49	83400	755200	10850	13690	4100
12	ЛУКН3,3Г-3	2890	ВГ-1,6 4350	1,88	1,31	0,57	472000	4598000	10850	13690	4100
13	ЗУКН3,3Г-2	5690	ВГ-1,6 4350	5,22	<u>2,55</u> 2,34	<u>2,67</u> 2,88	1740	18060	<u>56080</u> 54000	<u>61950</u> 58490	<u>8600</u> 6790
14	ЗУКН3,3Г-3	5690	ВГ-1,6 4350	4,03	<u>2,55</u> 2,34	<u>1,48</u> 1,69	4390	47490	<u>56080</u> 54000	<u>61950</u> 58490	<u>8600</u> 6790
15	ЛУКН3,6Г-1,2	3820	ВГ-2,5 6300	2,98	1,33	1,65	98800	962800	15180	19190	7340

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	ЛУКНЗ,6Г-3	3820	ВГ-2,5 6300	1,85	1,33	0,52	818500	8852000	15180	19190	7340
17	2УКНЗ,6Г-1,2	6680	ВГ-2,5 6300	5,17	<u>2,49</u> 2,33	<u>2,68</u> 2,84	2540	28800	<u>75260</u> 73080	<u>82660</u> 78550	<u>13730</u> 10560
18	2УКНЗ,6Г-3	6680	ВГ-2,5 6300	4,07	<u>2,49</u> 2,33	<u>1,58</u> 1,74	8140	103100	<u>75260</u> 73080	<u>82660</u> 78550	<u>13730</u> 10560
19	2УКНЗ,6Г-4	9100	ВГ-2,5 6300	5,17	<u>2,50</u> 2,38	<u>2,67</u> 2,79	2460	28000	<u>84810</u> 82770	<u>93790</u> 89800	<u>17370</u> 14190
20	ЛУКН4Г-1,2	4690	ВГ-3,3 8400	3,1	1,47	1,63	120100	1265000	26780	34260	12460
21	ЛУКН4Г-3	4690	ВГ-3,3 8400	1,9	1,47	0,43	1195000	14690000	26780	34260	12460
22	ЛУКН4Г-4	6190	ВГ-3,3 8400	3,10	1,48	1,62	190000	2203000	29730	36560	15110
23	2УКН4Г-1,2	8800	ВГ-3,3 8400	5,35	<u>2,74</u> 2,52	<u>2,61</u> 2,83	3080	37830	<u>120900</u> 116900	<u>135500</u> 127000	<u>24200</u> 17800
24	2УКН4Г-3	8800	ВГ-3,3 8400	4,80	<u>2,74</u> 2,52	<u>2,06</u> 2,23	4910	62240	<u>120900</u> 116900	<u>135500</u> 127000	<u>24200</u> 17800

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	2УКН4Г-4	9730	ВГ-3,3 8400	5,35	$\frac{2,74}{2,54}$	$\frac{2,61}{2,81}$	3630	46710	$\frac{124900}{120900}$	$\frac{140300}{131800}$	$\frac{25880}{19470}$
26	1НВ255-3,2	2800	ВГ-1,4 3625	2,48	1,26	1,22	199300	645700	9440	11020	2810
27	1НВ360-6,0	4000	ВГ-2,5 6300	2,55	1,31	1,24	427100	1317000	15630	19770	7630
28	2НВ360-11,5	7900	ВГ-2,5 6300	4,83	$\frac{2,60}{2,32}$	$\frac{2,23}{2,51}$	8420	25600	$\frac{79990}{75240}$	$\frac{88120}{81400}$	$\frac{15650}{12470}$
29	1НВ400-9,0	6000	ВД-3,3 9120	2,53	1,41	1,10	661200	2039000	25370	34300	15090
30	2НВ400-15,0	9990	ВД-3,3 9120	4,88	$\frac{2,70}{2,40}$	$\frac{2,18}{2,48}$	7970	24240	$\frac{123400}{116300}$	$\frac{139900}{127900}$	$\frac{27590}{20590}$
31	1НВ520-15,0	6990	ВД-5,6 14500	2,62	1,65	0,97	1082000	3292000	55050	82470	38200
32	2НВ520-15,0	12240	ВД-5,6 14500	4,96	$\frac{2,68}{2,25}$	$\frac{2,28}{2,71}$	10030	32000	$\frac{157200}{139500}$	$\frac{206200}{172100}$	$\frac{67290}{66970}$
33	2КНА 3,6	6020	ВГ-2,5 6300	4,52	$\frac{2,22}{1,69}$	$\frac{2,30}{2,83}$	8100	24700	$\frac{44200}{32900}$	$\frac{52340}{39100}$	$\frac{14860}{11680}$

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
34	1КНА4,0	5990	ВД-3,3 9I20	2,26	1,20	1,06	1303000	3961000	16140	26310	16970
35	2КНА4,0	7310	ВД-3,3 9I20	4,55	$\frac{2,20}{1,66}$	$\frac{2,35}{2,37}$	10100	30700	$\frac{57780}{43320}$	$\frac{73680}{54590}$	$\frac{26150}{19340}$
36	1КНА5,2	8600	ВД-3,3 9I20	2,28	1,31	0,97	2032000	6482000	26940	46570	29990
37	2КНА5,2	10540	ВД-3,3 9I20	4,58	$\frac{2,27}{1,78}$	$\frac{2,31}{2,30}$	16000	52490	$\frac{75950}{59100}$	$\frac{103500}{81970}$	$\frac{42230}{35420}$

- Примечания: 1. Характеристики клеток определены для случая транспортировки или вагонеток, имеющих большую массу с грузом (из ряда вагонеток, применяемых для данной клетки).
2. Для двухэтажных клеток геометрические (А,В) и инерциальные ( $J_{\varphi}$ ,  $J_{\psi}$ ,  $J_{\phi}$ ) характеристики приведены для случаев расположения двух вагонеток с грузом в обоих этажах (числитель) и одной вагонетки с грузом в нижнем этаже (знаменатель).
3. Массы вагонеток определены по формуле  $m_{вз} = k_{\tau} \cdot m_{гп}$ , где  $k_{\tau}$  - коэффициент тары,  $m_{гп}$  - масса груза (см. ГОСТ 15174-70 "Вагонетки шахтные грузовые").
4. Исходные данные для расчета характеристик клеток взяты из технической документации института "Донгипроуглемаш".

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ, ЖЕСТКОСТНЫЕ И ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ СКИПОВ  
С СЕКТОРНЫМ ЗАТВОРОМ И НЕПОДВИЖНЫМ ЛОТКОМ

Всего листов 4

Лист I

№ п/п	Обозначение типо- размера скипа (по КД)	Масса грузе- ного скипа, кг	Масса скипа, кг	Геометрические харак- теристики скипа, м			Жесткость скипа, кН/м		Центральные моменты инер- ции грузеного скипа, кг м <sup>2</sup>		
				L	A	B	C <sup>A</sup>	C <sup>B</sup>	J <sub>φ</sub>	J <sub>ψ</sub>	J <sub>θ</sub>
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	СН4-170-1,1 (СОУ4.00.000)	8985	5355	5,44	2,98	2,46	5140	23830	32670	33420	4300
2	СН 4-170-1,8 (СОП 4.00.000)	11295	5355	5,44	2,82	2,62	5250	24270	35260	36220	5190
3	СН 5-165-1,1 (СОУ5.00.000)	12420	7800	6,23	3,18	3,05	5700	53990	63800	64620	7315
4	СН 5-185-1,8 (СОП5.00.000)	15860	8300	6,23	3,03	3,20	5790	54480	69880	70960	9060
5	СН 7-185-1,1 (СОУ7.00.000)	15600	9000	7,08	3,37	3,71	6060	58460	97380	98290	8975
6	СН 7-185-1,8 (СОП7.00.000)	20300	9500	7,08	3,43	3,65	5790	54510	100300	101600	11570
7	СН 9,5-185-1,1 (СОУ 9,5.00.000)	19350	10000	8,11	3,93	4,18	5790	54530	142700	143800	11030



I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	CH9,5-185-I.8 (CCH9,5.00.000)	26280	10980	8,11	3,72	4,39	7820	69620	151200	152900	14750
9	CH II-185-I.I (CCVII.00.000)	21470	10470	8,73	4,04	4,69	5670	54960	159600	160800	12410
10	CH II-185-I.8 (CCHII.00.000)	30050	12050	8,67	3,97	4,70	8060	69470	188900	190900	17030
11	CH II-223-I.I (ICCVII.00.000)	21700	11600	7,73	3,67	4,06	5740	61000	128200	131100	17670
12	CHI5-223-I.I (COVI5.00.000)	27150	12650	8,71	4,17	4,54	5740	79120	162200	185900	21920
13	CH20-223-I.I (COV20.00.000)	33300	14000	10,23	4,90	5,33	5740	79140	260400	285100	26690
14	CHM 9,5-185-I.I (CMV9,5.00.000)	23550	14200	8,90	4,05	4,85	4935	44800	247500	248900	14230
15	CHM9,5-185-I.8 (CMH9,5-00.000)	29700	14400	8,90	4,11	4,75	5565	49420	237700	239600	17160

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	СНМ11-185-1.1 (СМУ11.00.000)	26000	15000	9,50	4,58	4,92	4790	43540	253500	255200	15860
17	СНМ11-185-1.8 (СМ11.11.00.000)	35000	17000	9,50	4,33	5,17	5535	49170	299900	302300	20610
18	СНМ11-223-1.1 (1СМУ11.00.000)	26800	16700	8,70	4,17	4,53	3390	52360	210200	214000	22620
19	СНМ11-223-1.8 (1СМ11.00.000)	33600	17000	8,70	4,01	4,69	4670	57470	240400	245300	27400
20	СНМ15-223-1.1 (СМУ15.00.000)	32500	18200	9,70	4,60	5,10	4309	53810	308200	312700	27170
21	СНМ20-223-1.1 (СМУ20.00.000)	39300	20000	11,20	5,22	5,98	6440	63270	451400	456800	32400
22	СНМ20-280-1.1 (1СМУ20.00.000)	37200	19000	10,70	4,63	6,07	5330	71820	376800	384400	48520
23	СНМ25-235-1.1 (СМУ25.00.000)	48600	24400	11,94	5,70	6,24	16780	125900	660700	668600	41490

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
24	СНМ25-280-I.I (ICMY25.00.000)	48500	25400	10,69	5,19	5,50	13040	106400	559800	568500	61470
25	СНМ35-235-I.I (СМУ35.00.000)	62300	27700	14,34	7,11	7,23	14480	114400	1113000	1123000	52820
26	СНМ35-200-I.I (ICMY35.00.000)	60300	27300	12,29	6,07	6,22	14510	114600	812800	824600	76110

Примечание. Исходные данные для расчета характеристик скипов взяты из технической документации, разработанной институтами "Донгипроуглемаш" и "Сибгипрогоремаш"

## Приложение 6

## ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛОК КОНЦОВ РАССТРЕЛЬНЫХ БАЛОК В КРЕПЬ СТЬОЛА

С х е м а А

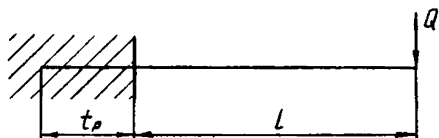


Таблица П.6.1

Значения глубин заделок, $t$ , см								
Марка бетона	М 200				М 300			
$L$ , см	Значения горизонтальных нагрузок, $Q$ , кН							
	20	30	50	70	20	30	50	70
I	2	3	4	5	6	7	8	9
Расстрелы двутавровые с горизонтально расположенными стойками								
I 27С ГОСТ 19425-74								
30	3I	40	57	73	26	33	47	59
40	34	44	62	79	28	37	51	65
50	37	48	67	80	31	40	55	69
60	40	51	71	80	33	43	59	73
70	42	54	75	80	36	45	62	77
I 30M ГОСТ 19425-74								
30	29	38	54	70	24	32	44	56
40	33	42	59	75	27	35	49	61
50	35	46	64	80	30	38	53	66
60	38	49	68	80	32	41	56	70
70	40	52	71	80	34	43	59	74

## Продолжение таблицы П.6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
I 36M ГОСТ 19425-74								
30	28	37	53	67	24	31	43	55
40	32	41	56	73	27	34	47	60
50	34	44	62	76	29	37	51	64
60	37	47	66	80	31	40	55	68
70	39	50	69	80	33	42	58	72
I 40 ГОСТ 8239-72								
30	26	33	47	60	21	28	39	49
40	29	37	51	65	24	31	42	53
50	31	40	55	69	26	33	46	57
60	34	43	59	74	28	36	49	61
70	36	45	62	78	30	38	52	64
Расстрелы двутавровые с вертикально расположенными стойками								
I 27С ГОСТ 19425-74								
30	29	38	54	69	24	31	44	56
40	32	42	59	75	27	35	48	61
50	35	45	63	80	30	38	52	65
60	38	48	67	80	32	41	56	69
70	40	51	71	80	34	43	59	73
I 30M ГОСТ 19425-74								
30	27	36	50	64	23	29	41	52
40	30	39	55	70	26	33	45	57
50	33	43	59	74	28	36	49	61
60	36	46	63	79	30	38	52	65
70	38	48	67	80	32	41	56	69

## Продолжение таблицы П.6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
I 36м ГОСТ 19425-74								
30	25	32	45	58	21	27	37	47
40	28	36	50	63	23	30	41	51
50	30	39	54	67	25	32	45	55
60	33	42	57	71	27	35	48	59
70	35	44	60	75	29	37	51	62
I 40 ГОСТ 8239-72								
30	23	30	42	53	19	25	34	43
40	26	33	46	58	22	28	38	47
50	28	36	50	62	24	30	41	51
60	30	39	53	66	26	33	44	55
70	32	41	56	69	27	35	47	58
Расстрелы сварные коробчатые								
I 60x100мм								
30	43	57	80	80	35	46	67	80
40	47	62	80	80	39	51	72	80
50	51	66	80	80	42	55	77	80
60	54	70	80	80	45	58	80	80
70	57	74	80	80	48	61	80	80
I 70x104 мм								
30	41	54	79	80	34	44	64	80
40	45	59	80	80	37	49	69	80
50	49	64	80	80	41	53	74	80
60	52	68	80	80	43	56	78	80
70	55	71	80	80	46	59	80	80

Продолжение таблицы П.6.1

I	2	3	4	5	6	7	8	9
212 x 130mm								
30	35	47	67	80	29	38	54	70
40	39	51	73	80	33	42	59	75
50	42	55	77	80	35	46	64	80
60	45	58	80	80	38	49	68	80
70	48	62	80	80	40	52	71	80

## С Х Е М А Б

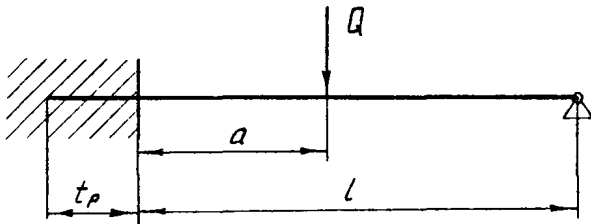


Таблица П.6.2.

Значения глубин заделок, $t$ , см											
Марка бетона		М 200					М 300				
$l$ , см	$a$ , см	Значения горизонтальных нагрузок, $Q$ , кН									
		5	10	30	50	90	5	10	30	50	90
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расстрел двутавровый I 27С, ГОСТ 19425-74											
100	40	9	12	18	22	25	8	11	17	20	24
	60	9	12	19	22	27	8	11	17	20	25
200	75	14	18	29	35	41	12	16	26	31	38
	100	14	19	30	36	44	12	17	26	32	40
	125	13	18	26	35	43	11	16	25	31	39
300	100	17	23	36	43	53	15	20	32	39	48
	150	17	24	38	46	57	15	21	33	41	52
	200	15	21	35	43	54	14	19	31	38	49
400	100	18	25	39	47	58	16	22	35	43	53
	200	20	28	45	55	69	17	24	39	49	62
	300	16	22	37	46	59	14	20	33	41	53
500	150	22	30	47	58	72	19	26	42	52	65
	250	23	31	51	63	79	20	27	45	56	71
	350	20	27	45	56	72	17	24	39	50	64



Продолжение табл. П.6.2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расстрел двуглавый I 30M, ГОСТ 19425-74											
100	40	9	12	18	21	25	8	11	16	19	23
	60	9	12	18	22	26	8	10	16	20	24
200	75	13	18	28	33	40	11	16	25	30	37
	100	13	18	28	35	42	12	16	25	31	38
	125	12	17	27	33	42	11	15	24	30	37
300	100	16	22	34	42	51	14	19	31	38	47
	150	16	23	36	44	55	14	20	32	40	50
	200	15	20	33	41	52	13	18	29	37	47
400	100	17	24	38	46	56	15	21	33	41	51
	200	19	26	43	53	66	17	33	38	47	60
	300	15	21	36	45	57	13	19	31	39	51
500	150	21	28	46	56	70	18	25	40	50	63
	250	22	30	49	60	76	19	26	43	54	68
	350	19	26	43	54	69	16	23	38	47	61
Расстрел двуглавый I 36, ГОСТ 19425-74											
100	40	8	11	17	20	25	7	10	15	18	22
	60	8	11	17	20	25	7	10	15	18	23
200	75	12	17	26	31	38	11	15	23	28	35
	100	12	17	27	33	40	11	15	24	29	36
	125	11	16	26	31	39	10	14	23	28	35
300	100	15	20	32	40	49	13	18	29	35	44
	150	15	21	34	42	52	13	18	30	37	47
	200	14	19	31	39	49	12	17	28	34	44

Продолжение табл.Л.6.2.

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
400	100	16	22	35	43	53	14	20	31	39	48
	200	18	25	40	50	63	16	22	35	44	56
	300	14	20	33	42	54	12	17	29	37	48
500	150	19	26	43	53	66	17	23	38	47	59
	250	20	28	45	57	72	17	24	40	50	64
	350	17	24	40	50	65	15	21	35	44	57
Расстрел двугранный I 40, ГОСТ 8239-72											
100	40	8	11	16	19	23	7	9	15	18	21
	60	8	10	16	20	24	7	9	15	18	22
200	75	12	16	25	30	37	10	14	22	27	34
	100	12	16	26	31	39	10	14	23	28	35
	125	11	15	24	30	38	10	13	22	27	34
300	100	14	19	31	38	47	12	17	28	34	42
	150	14	20	32	40	50	13	18	29	36	45
	200	13	18	30	37	47	11	16	26	33	42
400	100	15	21	34	41	51	14	19	30	37	46
	200	17	23	38	48	60	15	20	34	42	54
	300	14	19	32	40	51	12	17	28	35	45
500	150	18	25	41	50	63	16	22	36	45	57
	250	19	26	43	54	69	17	23	38	48	61
	350	16	23	38	48	62	14	20	33	42	55
Расстрел коробчатый I 60 x 100мм											
100	40	12	15	22	25	28	10	14	20	23	27
	60	11	15	23	27	31	10	14	21	25	29
200	75	18	23	35	41	48	16	21	32	38	45
	100	18	24	37	44	52	16	21	33	40	48
	125	17	23	36	43	52	15	20	32	36	47

Продолжение табл.П.6.2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
300	100	22	29	45	53	63	19	26	40	48	58
	150	22	30	47	57	69	20	27	42	52	63
	200	20	28	44	54	67	18	24	39	48	60
400	100	24	32	48	58	68	21	28	44	52	63
	200	26	36	57	69	80	23	31	50	62	76
	300	21	29	48	59	75	19	26	42	53	67
500	150	28	38	60	72	80	25	34	53	65	80
	250	30	40	65	79	80	26	36	57	71	80
	350	26	35	58	72	80	22	31	51	64	80
Расстрел коробчатый 170 x 104мм											
100	40	11	15	22	25	28	10	14	20	23	27
	60	11	15	22	26	31	10	13	20	24	29
200	75	17	23	35	41	46	15	20	31	37	44
	100	17	23	36	43	51	15	21	32	39	47
	125	17	22	35	42	51	15	20	31	38	47
300	100	21	28	44	52	62	19	25	39	47	57
	150	22	30	46	56	68	19	26	41	50	62
	200	20	27	43	53	66	17	24	36	47	59
400	100	23	31	48	57	67	20	27	43	51	62
	200	26	35	55	67	80	22	31	49	60	75
	300	21	29	47	58	73	18	25	41	51	65
500	150	27	37	58	70	80	24	33	52	63	78
	250	29	39	63	77	80	25	35	56	69	80
	350	25	35	56	70	80	22	30	50	62	79

Продолжение табл.П.6.2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расстрел коробчатый 212 x 130мм											
100	40	10	14	20	23	27	9	12	18	22	25
	60	10	13	21	24	29	9	12	19	22	27
200	75	16	21	32	38	45	14	19	29	35	42
	100	16	21	33	40	48	14	19	30	36	44
	125	15	20	32	39	47	13	18	29	35	43
300	100	19	26	40	48	58	17	23	36	44	53
	150	20	27	43	52	63	17	24	38	46	58
	200	18	25	40	49	61	16	22	35	43	55
400	100	21	28	44	53	63	18	25	39	48	59
	200	23	32	51	62	77	20	28	45	55	69
	300	19	26	42	53	67	16	23	37	47	60
500	150	25	34	53	65	79	22	30	48	58	72
	250	26	36	58	71	80	23	31	51	63	80
	350	23	31	51	64	80	20	27	45	56	72

## Приложение 6

## С Х Е М А В,

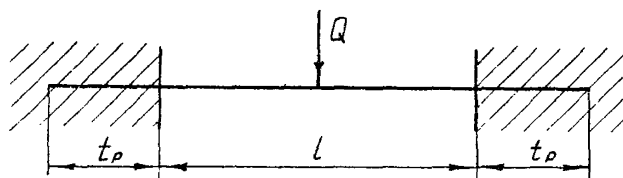


Таблица П.6.3

Значения глубин заделок, $t$ , см										
Марка бетона	М 200					М 300				
$L$ , см	Значения горизонтальных нагрузок, $Q$ , кН									
	5	10	30	50	90	5	10	30	50	90
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
Расстрел шпунтавроый I 27С ГОСТ 19425-74										
100	8	11	16	19	23	7	9	15	18	21
200	11	16	25	30	37	10	14	22	27	34
300	14	20	32	39	48	12	17	28	35	43
400	17	23	37	46	58	14	20	33	41	52
500	19	26	42	52	67	16	23	37	46	59
600	20	28	47	58	74	18	25	41	51	66
700	22	31	51	64	80	19	27	45	56	72
850	25	34	57	71	80	21	30	50	63	80
Расстрел шпунтавроый I3CM ГОСТ 19425-74										
100	8	10	16	19	22	7	9	14	17	21
200	11	15	24	29	36	10	13	21	26	33
300	14	19	30	37	47	12	16	27	33	42
400	16	22	36	44	56	14	19	31	39	50
500	18	25	40	50	64	16	21	36	45	57

Продолжение табл. П.6.3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
600	20	27	45	56	71	17	24	39	49	63
700	21	30	49	61	78	18	26	43	54	69
850	23	33	54	68	80	20	28	48	60	77
Расстрел дугтавроый I 36 ГОСТ 19425-74										
100	7	9	15	18	21	6	8	13	16	20
200	10	14	22	27	34	9	12	20	24	31
300	13	17	28	35	44	11	15	25	31	39
400	15	20	33	41	53	13	18	29	37	47
500	16	23	38	47	60	14	20	33	41	53
600	18	25	42	52	67	16	22	37	46	59
700	20	27	45	57	73	17	24	40	50	65
850	22	30	50	63	80	19	26	44	56	72
Расстрел дугтавроый I 40 ГОСТ 8239-72										
100	7	9	14	17	21	6	8	13	15	19
200	10	13	21	26	33	8	12	19	23	29
300	12	17	27	33	42	10	14	24	30	38
400	14	19	32	39	50	12	17	28	35	45
500	16	22	36	45	57	14	19	31	40	51
600	17	24	40	50	64	15	21	35	44	57
700	19	26	43	54	70	16	23	38	48	62
850	21	29	48	60	78	18	25	42	53	69
Расстрел коробчатый 160x100мм										
100	10	13	20	23	27	9	12	18	21	25
200	15	20	31	37	45	13	18	28	35	41
300	19	25	40	48	59	16	22	35	43	54

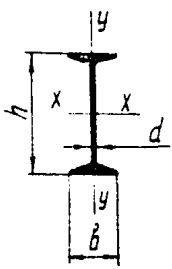
Продолжение табл.п.6.3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
400	22	30	47	58	72	19	26	41	52	65
500	24	33	54	66	80	21	29	48	59	74
600	27	37	60	74	80	23	32	53	66	80
700	29	40	65	80	80	25	35	58	72	80
850	32	45	73	80	80	28	39	64	80	80
Расстрел коробчатый 170x104мм										
100	10	13	19	23	26	9	12	18	21	25
200	14	20	30	36	44	13	17	27	33	40
300	18	25	39	47	58	16	22	35	42	53
400	21	29	46	57	70	18	25	41	51	63
500	24	33	53	65	80	21	29	47	58	73
600	26	37	58	72	80	23	32	52	64	80
700	28	39	64	79	80	25	34	56	70	90
850	31	43	71	80	80	27	38	63	78	80
Расстрел коробчатый 212x130мм										
100	9	12	18	21	25	8	11	16	19	23
200	13	18	28	34	41	11	16	25	30	37
300	16	22	36	44	54	14	20	32	39	49
400	19	26	42	52	65	17	23	37	46	58
500	21	29	48	59	75	19	26	42	53	67
600	24	33	53	66	80	21	28	47	58	75
700	26	35	58	72	80	22	31	51	64	80
850	28	39	65	80	80	25	34	57	71	80

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФИЛЕЙ РАССТРЕЛЬНЫХ БАЛОК И ПРОВОДНИКОВ

Листов 4

Лист 1

№	Наименование, сечение и обозначение размеров профиля	ГОСТ или ОСТ	Размеры, мм	Моменты инерции поперечного сечения, см <sup>4</sup>		Моменты сопротивления поперечного сечения, см <sup>3</sup>		Площадь поперечного сечения, F, см <sup>2</sup>	Линейная плотность, q, кг/м
				J <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>		
		3	4	5	6	7	8	9	10
1	 <p style="text-align: center;">N² <math>h \times b \times d</math></p>	ГОСТ 19425-74  ОСТ 10016-39)	$\frac{20Ca (20B)}{200 \times 102 \times 9,0}$	2500	170	250,0	33,3	39,6	31,3
2			$\frac{27C}{270 \times 122 \times 8,5}$	6550	346	485,0	56,7	54,5	42,8
3			$\frac{27Ca (27B)}{270 \times 124 \times 10,5}$	6870	366	507,0	59,0	59,9	47,0
4			$\frac{36C}{360 \times 140 \times 14,0}$	17350	618	964,0	88,3	90,9	71,3
5			$\frac{24M}{240 \times 110 \times 8,2}$	4640	276	387,0	50,2	48,7	38,3
6			$\frac{30M}{300 \times 130 \times 9,0}$	9500	480	633,0	73,9	64,0	50,2
7			$\frac{36M}{360 \times 130 \times 9,5}$	15340	518	852,0	79,7	73,8	57,9



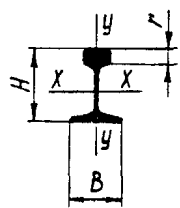
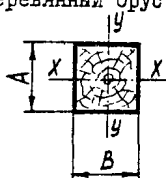
Всего листов 4

Лист 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	<p>Двутавровая балка</p>	<p>ОСТ 10016-39</p>	$\frac{24B}{240 \times 118 \times 10,0}$	4800	297	400,0	50,4	52,6	41,2
9			$\frac{36B}{360 \times 136 \times 12,0}$	16530	582	919,0	84,3	83,5	65,6
10		<p>ГОСТ 8239-72</p>	$\frac{40}{400 \times 155 \times 8,3}$	19062	667	953,0	86,1	72,6	57,0
11			$\frac{45}{450 \times 160 \times 9,0}$	27696	808	1231,0	101,0	84,7	66,5
12			<p>Сварной коробчатый профиль</p>	<p>Угольники по ГОСТ 8509-72 и ГОСТ 8510-72</p>	$\frac{160 \times 100 \times 10}{160 \times 100 \times 10}$	1723	723	215,4	156,6
13	$\frac{170 \times 104 \times 10}{160 \times 100 \times 10}$	1876	840		220,7	161,5	51,0	39,8	
14	$\frac{212 \times 130 \times 12}{200 \times 125 \times 12}$	4386	1985		413,8	305,4	76,4	59,6	
15	$\frac{160 \times 160 \times 12}{160 \times 160 \times 12}$	280I			350,1		74,8	58,3	
16	$\frac{170 \times 160 \times 12}{165 \times 160 \times 12}$	3090	280I		363,5	350,1	74,8	58,3	
17	$\frac{190 \times 200 \times 16}{200 \times 200 \times 16}$	5910	6424		622,1	642,4	116,0	90,5	

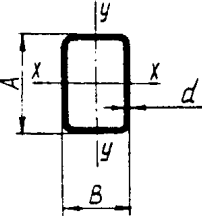
Всего листов 4

Лист 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	 $\frac{P}{H \times B \times X}$	ГОСТ 5726-53	<u>P33</u> 128x110x27,2	968	167	156,0	30,0	42,8	33,50
19		ГОСТ 3542-47	<u>P38</u> 135x114x28,67	1222	209	160,3	36,7	49,1	38,41
20		ГОСТ 7173-54	<u>P43</u> 140x114x30,4	1439	260	203,3	45,0	57,0	44,65
21		ГОСТ 7174-75	<u>P50</u> 152x132x33,0	2011	375	247,0	55,0	66,0	51,67
22		ГОСТ 8161-75	<u>P65</u> 180x150x35,6	3548	569	359,0	76,0	82,9	64,64
23		ГОСТ 16210-70	<u>P75</u> 192x150x46,0	4490	661	432,0	88,0	95,1	74,44
24	Деревянный брус		140x140	3200	457,3	196,0			
25	 $A \times B$		160x160	5460	682,7	256,0			
26			180x180	8748	972,0	324,0			
27			200x200	13330	1333,0	400,0			
28			220x220	19520	1775,0	484,0			

Всего листов 4

Лист 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	Трубы прямоугольные и квадратные  $A \times B \times d$	ГОСТ 8645-68	I25xI10xI2	I052	850	I68,3	I54,5	50,6	39,5
30			I50xI00xI0	I347	695	I79,6	I39,0	46,0	35,9
31			I80x80xI0	I840	480	204,4	I20,0	48,0	37,4
32			I80x60xI2	2II7	540	235,2	I35,0	56,6	44,1
33		ГОСТ 8639-82	I00xI00x8	4I8		83,6		29,4	22,9
34		I10xI10x9	623		II3,3		36,4	28,4	

Примечание: Обозначения в таблице могут не совпадать с обозначениями, принятыми в тексте методики.

**БП 00009** Подписано к печати 31.05.85  
Усл. физич. лист. 8 Учетно-изд. лист.  
Заказ № 3257 Тираж 400  
Ротапринт гортитпографии № 2.  
340002, г. Донецк, пр. Б. Хмельницкого, 102