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

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЖЕСТКИХ АРМИРОВОК ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ

ДОНЕЦК 1985

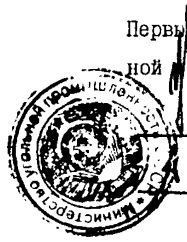
gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ МЕХАНИКИ им.М.М.ФЕДОРОВА

УТВЕРЖДАЮ:

Первый заместитель Министра угольной промышленности СССР



_____ В.Д.Никитин

"_____" марта 1983г

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЖЕСТКИХ АРМИРОВОК ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ

Донецк - 1985

МЕТОДИКА РАЗРАБОТАНА

ВСЕСОЮЗНЫМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ ИНСТИТУТОМ ГОРНОЙ МЕХАНИКИ им. М.М.ФЕДОРОВА

Директор института, к.т.н. Г.М.НЕЧУШКИН

Зам.директора по научной работе, научный руководитель работы, к.т.н. В.И.ДВОРНИКОВ

Зав.лабораторией оборудования шахтного подъема, руководитель темы, к.т.н. 15/XI-82г. А.И.СОЛОМЕНЦЕВ

Ответственный исполнитель, с.н.с. 15.11.82г. В.К.КУРИЛЕНКО

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

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

В В Е Д Е Н И Е 5
I. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ 8
2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ I2
3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ АРМИРОВКИ. I8
4. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ ДВИЖУЩЕГОСЯ ПОДЪЕМНОГО СОСУДА. 36
5. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ШАХТНОГО СТВОЛА 39
5.I. Исходные данные для расчета. 39
5.2. Предварительный выбор основных параметров армировки.. 40
5.3. Жесткостные характеристики расстрельных балок 45
5.3.I. Лобовая жесткость 45
5.3.2. Боковая жесткость 52
5.3.3. Жесткость расстрелов при диагональном расположении проводников относительно подъемных сосудов.. 54
5.4. Инерциальные характеристики груженых подъемных сосудов 55
5.4.I. Скипы 55
5.4.2. Клети 64
5.4.3. Подъемные сосуды с диагональным расположением проводников. 7I
5.5. Жесткостные характеристики подъемных сосудов. 72
5.5.I. Скипы. 72
5.5.2. Клети 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.I. Система "сосуд-армировка" 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.I. Горизонтальные нагрузки. 87

5.7.2. Вертикальные нагрузки. 94

5.8. Расчет глубины заделки концов расстрельных балок в крепь ствола. 94

5.8.I. Консольные расстрелы 95

5.8.2. Расстрельные балки, закрепленные с обоих концов. 99

5.8.3. Упоры и расстрелы с упором. I00

5.9. Жесткостные характеристики упругих роликовых направляющих устройств подъемного сосуда. I0I

Приложение I. НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ. I02

Приложение 2. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВКИ УГОЛЬНОГО СКИПОВОГО ПОДЪЕМА ПРИ ДВУХСТОРОННЕМ БОКОВОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПРОВОДНИКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО СОСУДА..I04

Приложение 3. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВКИ КЛЕТЕВОГО ПОДЪЕМА ПРИ ДИАГОНАЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПРОВОДНИКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО СОСУДА. I3I

Приложение 4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ, ЖЕСТКОСТНЫЕ И ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛЕТЕЙ. I46

Приложение 5. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ, ЖЕСТКОСТНЫЕ И ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ СКИПОВ С СЕКТОРНЫМ ЗАТВОРОМ И НЕПОДВИЖНЫМ ЛОТКОМ. . . .I5I

Приложение 6. ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛОК КОНЦОВ РАССТРЕЛЬНЫХ БАЛОК В КРЕПЬ СТВОЛА. I55

Приложение 7. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОФИЛЕЙ РАССТРЕЛЬНЫХ БАЛОК И ПРОВОДНИКОВ I67

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 Донбасса 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 07I0507000 " 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 клетей;
- 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 I,2,3,4, п.п. 5.I, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5.I, 5.5.3, 5.7, 5.8, прил. 2, 3, 4, 5, общая редакция); 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. Ь.И.Пасюта (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 сосудов (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);

$C_o^{\wedge(б)}$,$\frac{Н}{м}$ – лобовая (боковая) жесткость расстрела в месте крепления проводника;

$C_c^{\wedge(б)}$,$\frac{Н}{м}$ – лобовая (боковая) жесткость подъемного сосуда;

$\gamma^{\wedge(б)}$ – коэффициент относительной жесткости армировки в лобовом (боковом) направлении;

Δ_j ,$\frac{Н}{м}$ – податливость j –ой связи;

$\frac{\Delta}{\delta}$ – относительное искривление проводника;

δ ,м – зазор на сторону между рабочими поверхностями проводника и жестких направляющих устройств подъемного сосуда;

δ_{ij} ,$\frac{м}{Н}$ – 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, м^2 —площадь поперечного сечения расстрельной балки;

f, м – прогиб проводника;

– безразмерная функция жесткости проводника;

h, м – шаг армировки (расстояние между ярусами расстрелов);

J_{φ_1}, кг·м^2 – момент инерции груженого подъемного сосуда относительно его центральной горизонтальной оси, параллельной продольной оси сосуда;

J_{φ}, кг·м^2 – момент инерции груженого подъемного сосуда относительно его центральной горизонтальной оси, перпендикулярной продольной оси сосуда;

J_{θ}, кг·м^2 – момент инерции груженого подъемного сосуда относительно его центральной вертикальной оси;

J_z, м^4 —момент инерции поперечного сечения расстрельной балки относительно ее центральной вертикальной оси;

$J^{л(б)}$, м^4 – момент инерции поперечного сечения проводника в лобовом (боковом) направлении;

$J^{л(б)}_{рт}$, м^4 – момент инерции поперечного сечения вертикальной стойки рамы скипа в лобовом (боковом) направлении;

$J^{л(б)}_{ст}$, м^4 – усредненный момент инерции поперечных сечений стоек металлоконструкций клети в лобовом(боковом) направлении;

k – коэффициент, учитывающий влияние условия закрепления расстрела к крепи ствола на его жесткостные характеристики;

$K^{л(б)}$ – действительный запас устойчивости движения подъемного сосуда по отношению к лобовым (боковым) колебаниям (отношение критического значения интенсивности подъема $(mv^2)_{кр}$ к ее действительному значению);

$[K^{л(б)}]$ – 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 $[mv^2]$);

λ_{φ}^2 – мультипликатор частоты поворотных лобовых колебаний (отношение частоты поворотных колебаний сосуда вокруг оси X к частоте колебаний его центра масс по оси Y);

λ_{ψ}^2 – мультипликатор частоты поворотных боковых колебаний (отношение частоты поворотных колебаний сосуда вокруг оси Y к частоте колебаний его центра масс по оси X);

λ_{θ}^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);

λ_1^2, λ_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_c ,кг – масса порожнего подъемного сосуда;

(mv^2), $\frac{кг \cdot м^2}{с^2}$ – интенсивность подъемной установки;

$M_p^{л(б)}$, Н.м – изгибающий момент в сечении проводника под силой в лобовом (боковом) направлении;

$M^{л(б)}$ – 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 $(mV^2)_{кр}$ лобовых (боковых) колебаний;

ξ_i – координата точки приложения силы к проводнику на пролете между ярусами;

$P^{л(б)}$, Н – горизонтальная нагрузка, возникающая при взаимодействии движущегося подъемного сосуда с проводниками жесткой армировки в лобовом (боковом) направлении;

$Q^{л(б)}$, Н – горизонтальная перерезывающая сила на опоре проводника в лобовом (боковом) направлении;

$\rho^{л(б)}$ – обобщенный мультипликатор частот лобовых (боковых) колебаний сосуда (множитель, учитывающий влияние совокупных факторов многомерности движения подъемного сосуда на положение границы области параметрического резонанса);

S, м – ширина колеи (расстояние между проводниками подъемного сосуда);

$б^{л(б)}$, $б_к^{л(б)}$ – обобщенные безразмерные параметры лобовой (боковой) жесткости армировки;

$б_б$, МПа – расчетное напряжение бетона на растяжение для предельных состояний I группы;

$б_и$, МПа – напряжение изгиба проводника;

t, м – глубина заделки расстрела (упора) в крепь ствола;

τ, $\frac{МПа}{м}$ – коэффициент постели материала крепи ствола;

V, $\frac{м}{с}$ – максимальная скорость движения подъемного сосуда;

$W^{л(б)}$, $м^3$ – момент сопротивления сечения проводника в лобовом (боковом) направлении.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.I. 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 сопряженные 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 расположениях 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 присоединяются 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 сплошных 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 сплошные 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 подвесного 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 клепаные и сварные.

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

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

Металлоконструкция опрокидной клети 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:

- строительно-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 строительно-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 (mv^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.I. Армирование вертикальных стволов шахт следует производить в соответствии с проектом армировки и проектом организации работ при соблюдении требований СНиП Ш-II-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 II-I3.3-72 "Стальные конструкции. Нормы проектирования", СНиП II-2I-75 "Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования" и СНиП II-25-80 "Деревянные конструкции. Нормы проектирования".

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

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 груженого подъемного сосуда);

- характеристики груженого 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 груженого 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:

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

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 П-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 полуспокойной стали обыкновенного качества класса С38/23 марки ВСТ3ПС5 по ГОСТ380-71* или из низколегированных сталей класса С 46/33, например, марки 10ХСНД или

I5ХСНД по ГОСТ I928I-73, обладающих повышенными механическими свойствами и коррозионной стойкостью.

3.5.4. Крепь ствола выполняется из монолитного бетона, бетонита, кирпича, чугунных или железобетонных тюбингов, 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.I. 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^{0}. 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.I 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

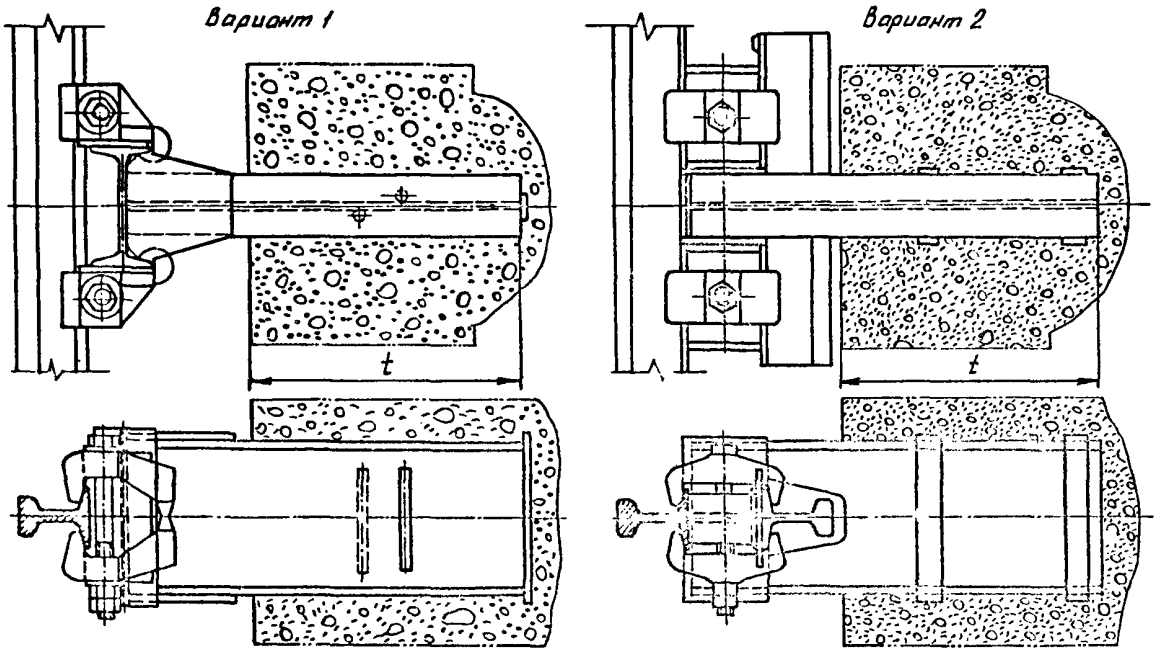


Рис.3.1. Конструкции консольных одиночных расстрелов

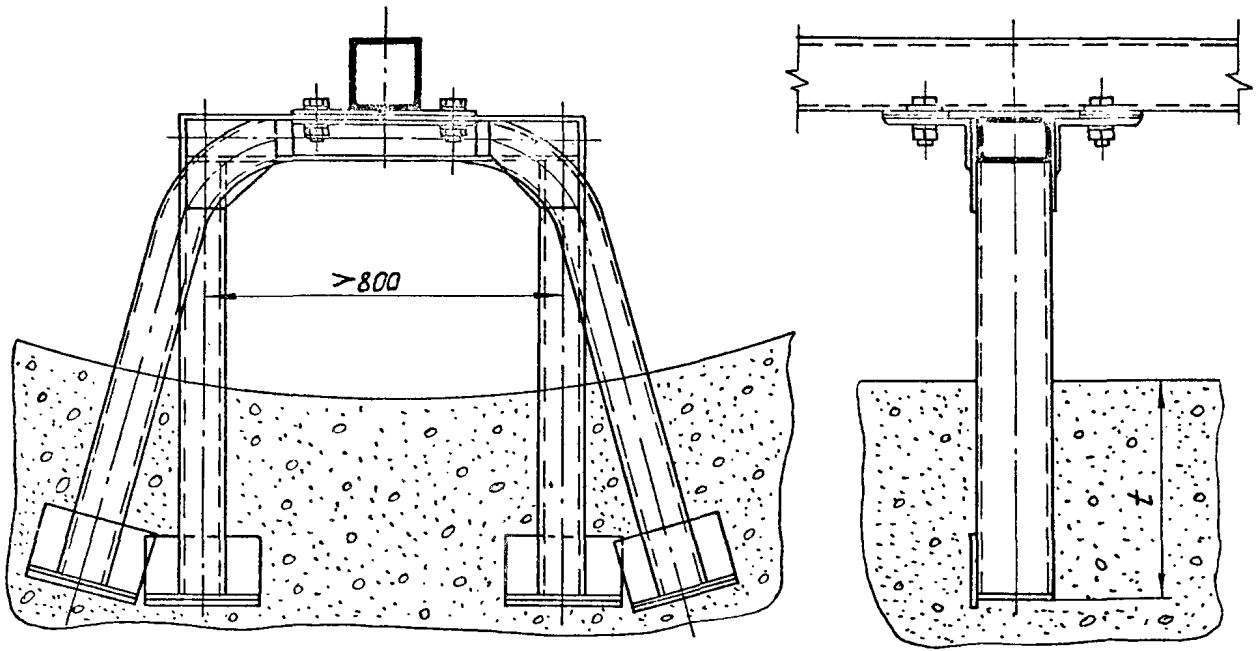


Рис. 3.2. Конструкции консольных П-образных расстрелов

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.II. 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^2);
- массы панели ограждения.

3.7. Проводники.

3.7.I. 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 наинизшей температуре в стволе не должен превышать 6мм.Чтобы обеспечить указанный

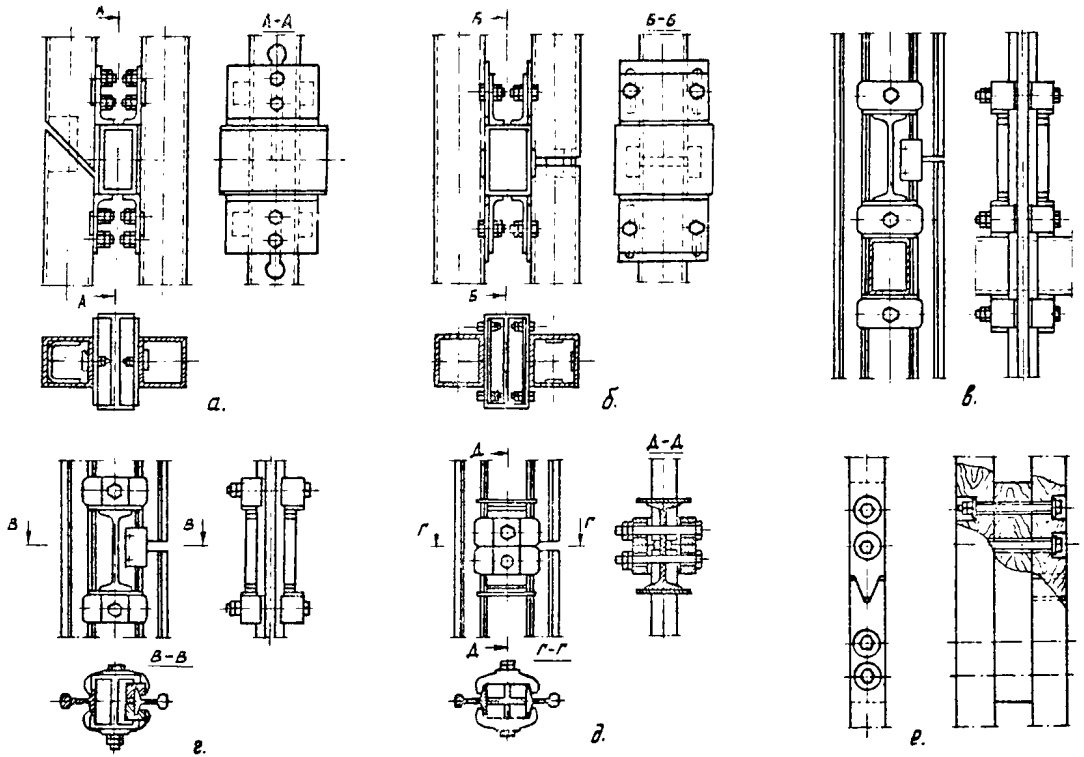


Рис.3.3. Конструкция расположенных на пролете между ярусами стыков проводников: а,б – коробчатых; в,г,д – рельсовых;е-деревянных

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.I. 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 скоб от сползания (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 скрепляют концы рельсов за подошву.

При расстрелах прямоугольного профиля стыковку звеньев парных проводников или одинарного проводника, установленного в паре со сплошным лежным, 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 скобы, 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.

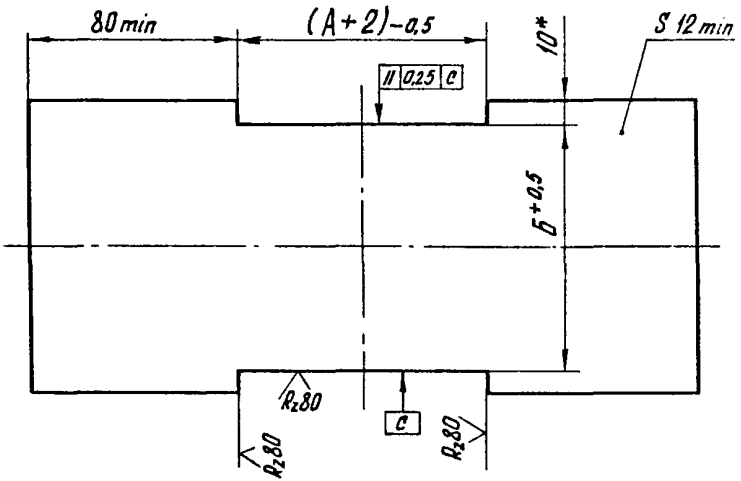


Рис. 3.4. Накладная расстрельная лежка для рельсовых проводников

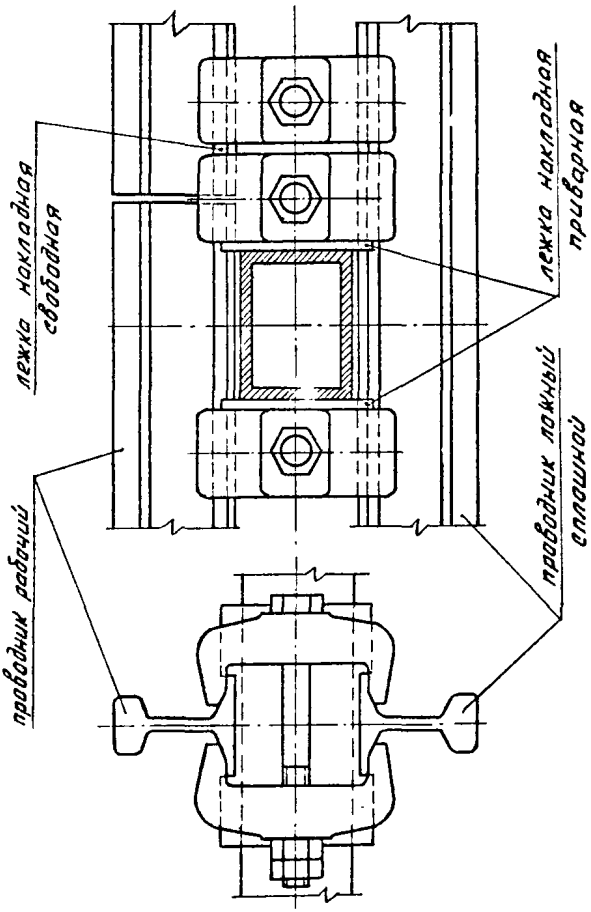


Рис. 3.5. Конструкция стыка рельсового проводника на расстреле прямоугольного профиля

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 встык 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 коробо-

натого 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.I. 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 $l_{н.м.}$ определяется в зависимости от шага армировки h из условия $l_{н.м.} \geq 2h$. 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 следует 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 I5мм, а первоначальная глубина зева направляющей – не менее половины высоты проводника, но не менее 70мм.

3.7.I0. Армировка с лобовым расположением проводников относительно подъемного сосуда.

3.7.I0.I. На клетевых подъемах с рабочими лобовыми проводниками на конечных участках ствола и на промежуточных горизонтах должны быть предусмотрены либо устройства, обеспечивающие загрузку-выгрузку клетей 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.I0.2. 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 сквозного переходного устройства приведена на рис.3.6.

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

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

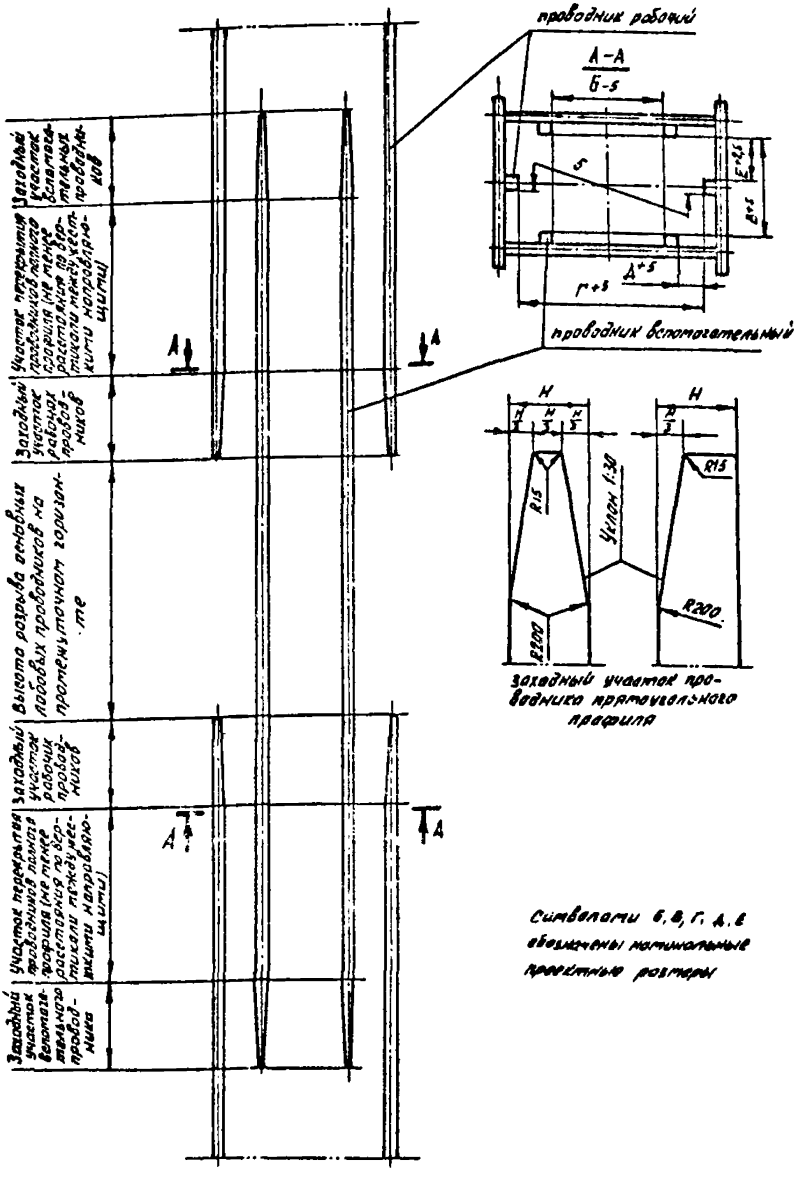


Рис.3.6. Система вспомогательных проводников на промежуточном горизонте при лобовом расположении рабочих проводников относительно подъемного сосуда

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 ± 20мм и надежное их фиксирование после выверки.

3.7.II. Армировка 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.I0.I. устройств или систем вспомогательных проводников.

3.7.I2. 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.I3. 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.I4. 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.I5. 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.I. Для описания движения подъемного сосуда приняты три системы отсчета (рис.4.I).

4.I.I. 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.I.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.I.3. Координатная система $O\xi\eta\zeta$ - система подвижных координат, неизменно связанных с движущимся подъемным сосудом.

4.I.4. Координаты точки O (центра масс подъемного сосуда) в системе $O'X'Y'Z'$ являются обобщенными координатами линейных перемещений сосуда.

4.I.5. Углы поворота подвижных осей координат $O\xi\eta\zeta$ относительно осей координат $OXYZ$ являются обобщенными координатами угловых перемещений сосуда. С известной степенью приближения

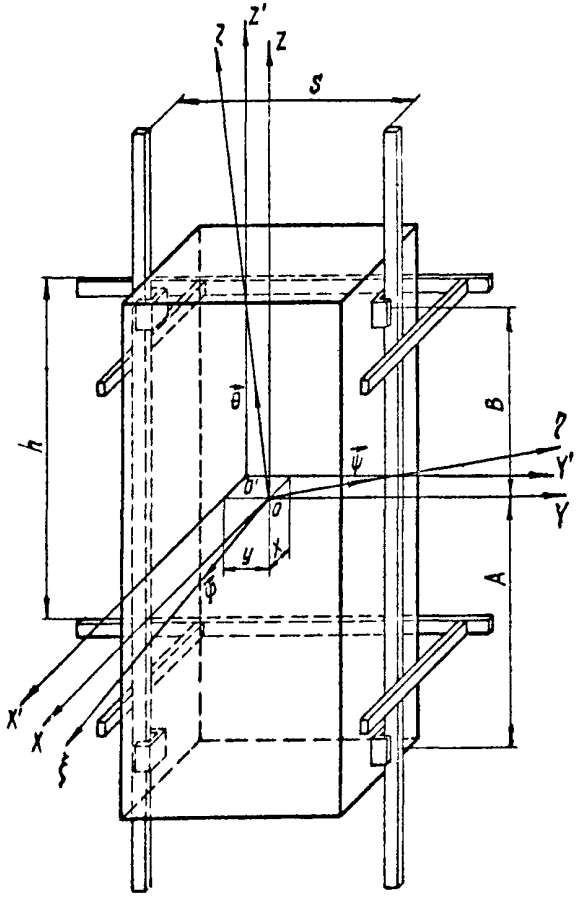


Рис. 4.I. Схема подъемного сосуда и системы координат при двухстороннем боковом расположении проводников

принято:

φ - угол поворота сосуда в плоскости проводников (поворот вокруг оси X);

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

θ - 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 клетей и скипов с двухсторонним боковым и клетей с односторонним расположением проводников лобовую жесткость элементов армировки и сосуда определяет сила, направленная по оси Y', боковую - по оси X' , а для клетей 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.I. Исходные данные для расчета.

5.I.I. Масса порожнего подъемного сосуда (с учетом подвесного устройства и стационарного зонта) – m_c , кг.

5.I.2. Масса груженого подъемного сосуда – m , кг.

5.I.3. Максимальная скорость движения груженого сосуда – – V , м/с.

5.I.4. Центральные моменты инерции груженого сосуда – J_φ , J_ψ , J_ϕ , кг.м^2 (см. приложения 4 и 5).

5.I.5. Жесткость подъемного сосуда в лобовом и боковом направлениях – C_c^A , C_c^B , кН/м (см. приложения 4 и 5).

5.I.6. Тип рабочих направляющих устройств подъемного сосуда.

5.I.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.I.8. Расстояния по вертикали между нижними и верхними жесткими рабочими или предохранительными направляющими подъемного сосуда – $L = A+B$, м.

5.I.9. Тип проводников (рельсовые, коробчатые, деревянные).

5.I.I0. Ширина колеи – S , м.

5.I.II. Вид крепи ствола.

5.I.I2. Материал заделки лунок (марка бетона).

5.I.I3. Схема конструкции армировки и ее основные размеры.

5.I.I4. Сборочные чертежи общего вида и основных сборочных единиц подъемного сосуда, а также поперечные сечения вертикальных стоек клети или рамы скипа (при отсутствии в исходных данных значений J_φ , J_ψ , J_ϕ , C_c^A , C_c^B , A и B).

5.I.I5. *Дополнительные данные, необходимые для проверочного расчета армировки.*

5.I.I5.I. Шаг армировки - h , м.

5.I.I5.2. Характеристика проводников:

- тип;
- моменты инерции поперечного сечения - J^{A}, $J^{Б}$, $м^4$;
- моменты сопротивления поперечного сечения - W^{A}, $W^{Б}$, $м^3$.

5.I.I5.3. Характеристика расстрельных балок:

- тип;
- момент инерции поперечного сечения относительно вертикальной оси - J_z , $м^4$;
- площадь поперечного сечения - F , $м^2$.

5.2. Предварительный выбор основных параметров армировки.

5.2.I. Интенсивность подъемной установки - (mv^2), $\frac{кг \cdot м^2}{с^2}$.

5.2.2. Расчетная интенсивность подъемной установки

$$(mv^2)_{расч.} = K_{расч.}(mv^2) \quad , \frac{кг \cdot м^2}{с2},$$

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

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

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

при одностороннем расположении проводников:

$K_{расч.}$ = I2 - для рельсовых,

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

5.2.3. Шаг армировки.

Принимается предварительно с учетом рекомендаций пп.3.4 и 3.7.I настоящей методики в диапазонах:

от 2м до 4м - для деревянных,

от 3м до 6,252м 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 $(mv^2)_{расч.}$, значению логарифма лобового момента инерции $lgJ^{л}$, принятому типоразмеру проводника и шагу армировки h по номограмме рис.5.I ориентировочно определяется необходимая лобовая жесткость расстрелов в месте крепления проводника $C_н^{л}$ (номограммное значение).

Для случая с односторонними проводниками значение $(mv^2)_{расч.}$ не удваивается.

Для пользования номограммой необходимо на прозрачном материале вычертить транспарант, помещенный в левом верхнем углу рис.5.I.

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

Коэффициент номограммы равен

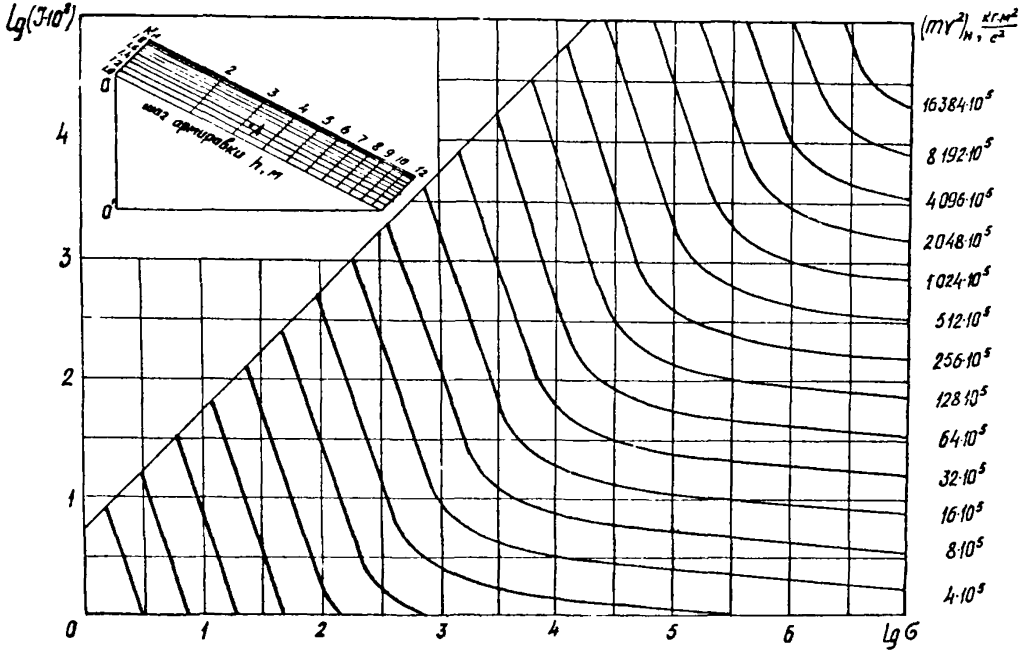


Рис.5.I. Номограмма для предварительного выбора параметров армировки

$K_н = \frac{(mv^2)_н}{2(mv^2)_{расч.}}$ – для двухстороннего или (5.I)

$K_н = \frac{(mv^2)_н}{(mv^2)_{расч.}}$ – для одностороннего расположения (5.2)

проводников.

На номограмме проводится горизонтальная линия, соответствующая $lgJ^{л}$, после чего точка 0 транспаранта совмещается с этой линией так, чтобы линия $00'$ была параллельной оси ординат.

Затем транспарант передвигается по горизонтали (линия $lgJ^{л}$) до тех пор, пока точка A транспаранта не совместится с соответствующей линией $(mv^2)н$.

В этом положении транспаранта определяется значение логарифма лобовой жесткости, как проекции точки 0 транспаранта на шкалу значений lgC (ось абсцисс) номограммы.

5.2.6. Боковая жесткость расстрела.

Необходимая боковая жесткость расстрела $C_н^{б}$ (номограммная) ориентировочно определяется аналогично лобовой с помощью номограммы по принятому значению шага h, значениям бокового момента инерции проводника $lgJ^{б}$ и $(mv^2)_{расч.}$.

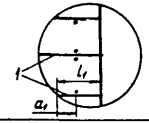
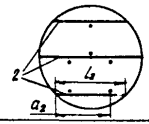
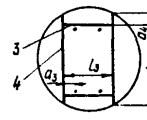
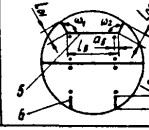
Для деревянных проводников при пользовании номограммой необходимо величины $J^{л}$ и $J^{б}$ для принятых типоразмеров проводников делить на 2I.

5.2.7. Моменты инерции сечений расстрельных балок.

По найденным значениям $C_н^{л}$ и $C_н^{б}$ в зависимости от схемы яруса армировки по формулам табл.5.I определяются необходимые значения моментов инерции сечений расстрелов (относительно центральной вертикальной оси). Из двух расчетных значений моментов инерции $J_{н(л)}$ и $J_{н(б)}$ при выборе профиля расстрела необходимо руководствоваться большим значением.

По сортаменту проката принимается профиль с ближайшим

Таблица 5.1.

№ п/п	Схемы пролетов	Моменты инерции поперечных сечений расстрелов, определяемые по жесткости	
		лобовые	боковые
1		$J^1_{н(л)} = \frac{a_1^3[4L_1^3 - a_1(3l_1 - a_1^2]}{12EL_1^3} \cdot C^л_н$, м⁴;	$J^{1,2}_{н(б)} = \frac{(H+a,06)^2}{9EL_i}[l_i^2 + 3a_i(l_i - a_i)] \cdot C^б_н$, м⁴; (i=1,2)
2		$J^2_{н(л)} = \frac{a_2^3(l_2 - a_2)^3}{3EL_2^3} \cdot C^л_н$, м⁴;	$J^3_{н(б)} = J^4_{н(л)} = \frac{a_4^3(l_4 - a_4)^3}{6EL_4^3} C^б_н$, м⁴;
3		$J^{3,5}_{н(л)} = \frac{a_i^2(l_i - a_i)^2}{3EL_i} \cdot C^л_н$, м⁴; (i=3,5)	$J^5_{н(б)} = \frac{L_{01}^3 L_{02}^3 \sin^2\omega_1 \sin^2\omega_2}{2,1E(L_{01}^3 \sin^2\omega_1 + L_{02}^3 \sin^2\omega_2)} \cdot C^б_н$, м⁴;
		$J^6_{н(л)} = \frac{L_н^3}{3E} \cdot C^л_н$, м⁴.	$J^6_{н(б)} = \frac{L_н^3}{3E} \cdot C^б_н$, м⁴.
4			

Здесь:

i = 1, 2, 3, 4, 5, 6 – номера расстрелов;

$C^л_н$, $C^б_н$ – лобовая и боковая жесткости расстрелов, определенные по номограмме;

$L_н = L_0 - \frac{r}{2} + H$ – при рельсовых; $L_н = L_0 + \frac{2}{3}H$ – при коробчатых проводниках;

где H – высота профиля проводника; r – высота головки рельса.

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 $C_н^л$ определяются моменты инерции сечений расстрелов, несущих проводники, а по значению боковой жесткости $C_н^б$ 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.I. Лобовая жесткость.

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

Жесткость в местах крепления проводников:

одинарных

$$C_0^л = \frac{K}{\delta_{00} - \delta_{01}X_1 - \delta_{02}X_2 - \ldots - \delta_{0j}X_j - \ldots - \delta_{0n}X_n}, \frac{н}{м}, \qquad (5.3)$$

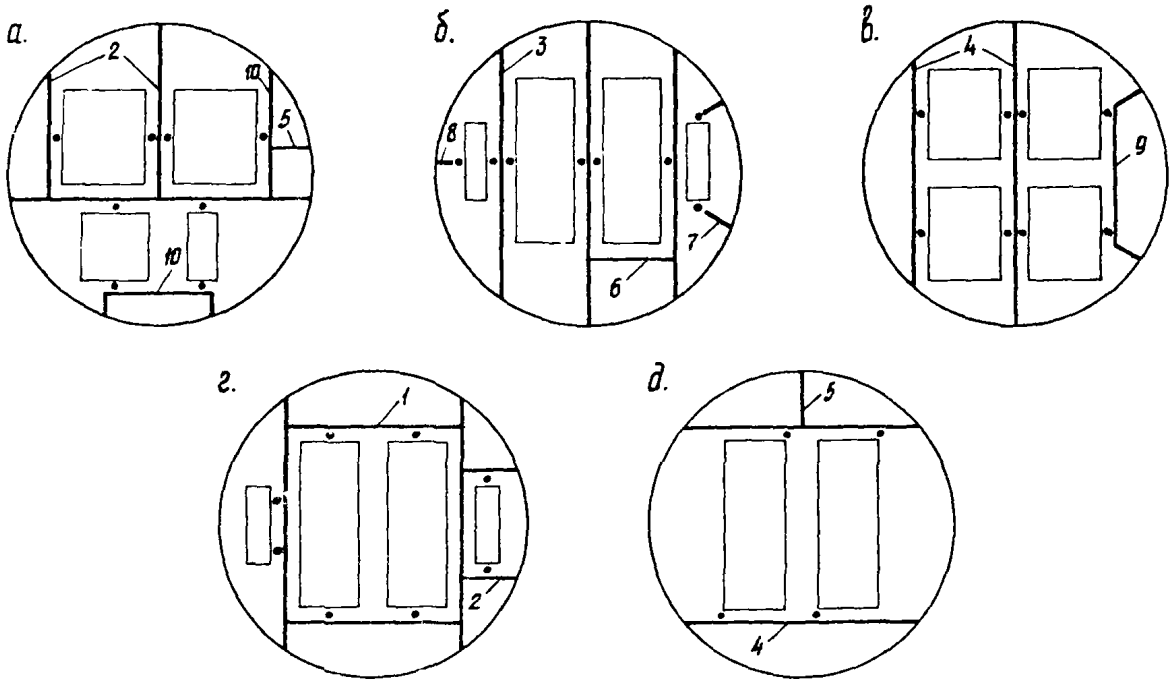


Рис.5.2. Основные условные схемы ярусов армировок

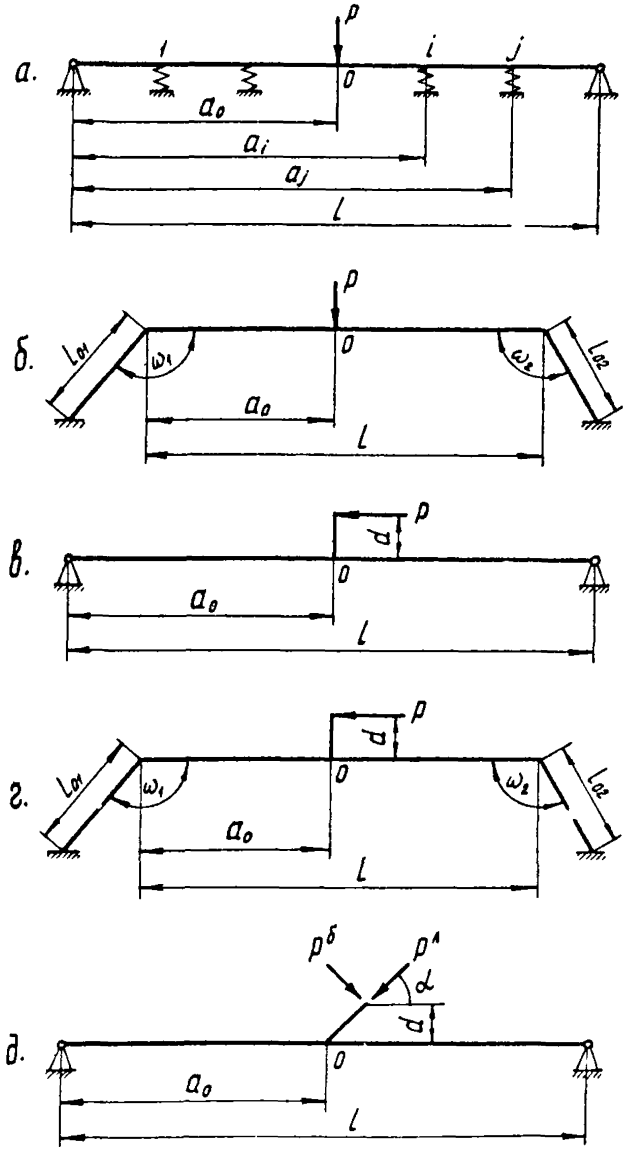


Рис.5.3. Расчетные схемы определения жесткостных характеристик расстрельных балок в лобовом и боково направлениях

спаренных

$$C_0^{\Lambda} = \frac{k}{\delta_{00} - \delta_{01}X_1 - \delta_{02}X_2 - \ldots - \delta_{0j}X_j - \ldots - \delta_{0N}X_N} + \frac{8EJ^{\Lambda}}{h^3}, \frac{H}{M}, \quad (5.4)$$

где E - модуль продольной упругости материала, МПа;

J^{Λ} - момент инерции поперечного сечения проводника в лобовом направлении, $м^4$;

h - шаг армировки, м;

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

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

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

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

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

Значения X_j определяются из системы алгебраических уравнений:

$$\left.\begin{aligned}
&(\Delta_1 + \delta_{11})X_1 + \delta_{12}X_2 + \ldots + \delta_{1j}X_j + \ldots + \delta_{1N}X_N = \delta_{10},\\
&\delta_{21}X_1 + (\Delta_2 + \delta_{22})X_2 + \ldots + \delta_{2j}X_j + \ldots + \delta_{2N}X_N = \delta_{20},\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\delta_{j1}X_1 + \delta_{j2}X_2 + \ldots + (\Delta_j + \delta_{jj})X_j + \ldots + \delta_{jN}X_N = \delta_{j0},\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\delta_{N1}X_1 + \delta_{N2}X_2 + \ldots + \delta_{Nj}X_j + \ldots + (\Delta_N + \delta_{NN})X_N = \delta_{N0},
\end{aligned}\right\} \quad (5.5)$$

где δ_{ij} - коэффициенты влияния, $\frac{м}{Н}$;

Δ_j - податливость j-ой связи, $\frac{м}{Н}$.

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

Податливости Δ_j дополнительных связей на расстреле определяются по соответствующим формулам в зависимости от вида связей.

Податливости закрепленных на расстреле соседних проводников:

одинарных

$$\Delta_j = \frac{h^3}{8EJ^1}, \frac{м}{Н}, \tag{5.6}$$

спаренных

$$\Delta_j = \frac{h^3}{16EJ^1}, \frac{м}{Н}. \tag{5.7}$$

Податливость упора (рис.5.2, поз.5):

$$\Delta_j = \frac{n \cdot l_o}{EF_o}, \frac{м}{Н}, \tag{5.8}$$

где l_o - длина упора, м;

F - площадь поперечного сечения упора, $м^2$;

n - коэффициент, учитывающий условия закрепления упора:

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

$n = 1$ - 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 δ_{ij} определяются по формуле

$$\delta_{ij} = \frac{a_i(l-a_j)[l^2 - a_i^2 - (l-a_j)^2] + (a_i - a_j)^3 l}{6EJ_z l}, \frac{м}{Н}, \tag{5.9}$$

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

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, $м^4$.

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

$$\delta_{jj} = \frac{a_j^2 (l - a_j)^2}{3 E J_z l}, \frac{м}{Н} . \qquad (5.10)$$

5.3.I.2. Консольный одинарный расстрел (рис.5.2, поз. 7).

$$C_o^1 = \frac{E}{\frac{n l \cos^2\omega}{F} + \frac{\gamma l_к^3 \sin^2\omega}{3 J_z}}, \frac{Н}{м}, \qquad (5.11)$$

где l – длина расстрела от крепи ствола до подошвы проводника, м

F – площадь поперечного сечения расстрела, $м^2$;

n – коэффициент, учитывающий условия закрепления расстрела (см.п.5.3.I.I.);

γ – 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;

ω – угол между продольной осью расстрела и плоскостью проводников, град ;

$l_к$ – плечо действующей силы, м :

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

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

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

$$C_0^{\wedge} = \frac{EF}{nl}, \frac{H}{M}. \qquad (5.I2)$$

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

$$C_0^{\wedge} = \frac{E}{\frac{a_0^2(l-a_0)^2}{3J_z l} + \frac{n[(l-a_0)^2 l_{01}\sin^2\omega_1 + a_0^2 l_{02}\sin^2\omega_2]}{F_0 l^2}}, \frac{H}{M}, \qquad (5.I3)$$

где l – длина расстрельной балки, м;

l_{01} и l_{02} – длины отоек расстрельной балки, м;

F_0 – площадь поперечного сечения стойки расстрельной балки, м^2;

ω_1 и ω_2 – углы между продольной осью расстрельной балки и ее отойками, град. ;

n – коэффициент, учитывающий условия закрепления отоек расстрельной балки (см.п.5.3.I.I).

При $l_{01} = l_{02} = l_0$ и $\omega_1 = \omega_2 = 90^0$ (рис.5.2, поз.I0) формула (5.I3) принимает вид:

$$C_0^{\wedge} = \frac{E}{\frac{a_0^2(l-a_0)^2}{3J_z l} - \frac{n l_0}{F_0 l^2}[(l-a_0)^2 + a_0^2]}, \frac{H}{M}. \qquad (5.I4)$$

5.3.2. Боковая жесткость.

При определении боковой жесткости расстрелов дополнительные связи не учитываются.

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

$$C_o^{\delta} = \frac{kE}{\frac{a_o(l-a_o)}{lF} + \frac{d^2}{3J_x l}[l(l-3a_o)+3a_o^2]+\Phi}, \frac{H}{M}, \qquad (5.I5)$$

где l – длина расстрела, м;

F – площадь поперечного сечения расстрела, м^2;

Φ – 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
Φ, м$^{-I}$	I500	800	500	300

a_o – 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 =I,0 – балка с болтовым (анкерным) креплением обоих концов;

k =I,I – балка с одним зацеланным концом в крепь ствола и болтовым креплением другого (рис.5.2, поз.2);

k =I,I5 – балка с двумя зацеланными концами и расположением проводника посредине (рис.5.2, поз.3);

k =I,35 – балка с двумя зацеланными концами и расположением проводника между ее серединой и крепью ствола

(рис.5.2, поз.4);

d – плечо боковой силы, м:

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

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

(β – расстояние от оси рассстрела до подошвы проводника, м; H и r – см.п.5.3.I.2).

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

$$C_0^{\delta} = \frac{E}{\frac{n l \sin^2\omega}{F} + \frac{\nu l_к^3 \cos^2\omega}{3 J_z} + \Phi}, \frac{Н}{м}, \qquad (5.I6)$$

где l, F, n, $l_к$, ν, ω – см.п.5.3.I.2.

При $\omega = 0$ (рис.5.2, поз.8) формула (5.I6) принимает вид:

$$C_0^{\delta} = \frac{E}{\frac{\nu l_к^3}{3 J_z} + \Phi}, \frac{Н}{м}. \qquad (5.I7)$$

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

$$C_0^{\delta} = \frac{E}{\frac{a_0(l-a_0)}{lF} + \frac{l_{01}^3 (l_{02}^3 \sin^2\omega_1 \cdot \sin^2\omega_2}{2{,}1 J_{z0}(l_{01}^3 \sin^2\omega_1 + l_{02}^3 \sin^2\omega_2)} + \frac{d^2}{3 J_z l}[(l-3a_0)+3a_0^2] + \Phi}, \frac{Н}{м}, \qquad (5.I8)$$

где J_{z0} – момент инерции поперечного сечения стойки рассстрела относительно вертикальной оси, $м^4$;

l, F, a_0, d, J_z, Φ, l_{01}, l_{02}, ω_1, ω_2 – см.п.5.3.I.3 и п.5.3.2.I.

При $l_{01} = l_{02} = l_a$ и $\omega_1 = \omega_2 = 90^0$ (рис.5.2, поз.I0) формула (5.I8) принимает вид:

$$C_a^{\delta} = \frac{E}{\frac{a_0(l-a_0)}{lF} + \frac{l_a^3}{4{,}2 J_{z0}} + \frac{d^2}{3 J_z l}[(l-3a_0)+3a_0^2] + \Phi}, \frac{Н}{м}. \qquad (5.I9)$$

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

5.3.3.I. Лобовая жесткость.

$$C_o^{\wedge} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sin\alpha}{C_g^{\wedge}}\right)^2 + \left(\frac{\cos\alpha}{C_g^{\delta}}\right)^2}}, \frac{H}{M}, \qquad (5.20)$$

где $C_g^{\wedge}$, C_g^{δ} – жесткости расстрела в направлениях, соответственно перпендикулярном и параллельном его продольной оси, Н/м ;

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

Жесткость $C_g^{\wedge}$ определяется по формулам (5.3) и (5.4) для расстрелов, закрепленных обоими концами, либо по формулам (5.I3) и (5.I4) для консольных П-образных расстрелов.

Жесткость C_g^{δ} определяется по формулам:

для расстрелов, закрепленных обоими концами,

$$C_g^{\delta} = \frac{EFl}{a_o(l-a_o)}, \frac{H}{M}; \qquad (5.2I)$$

для консольных П-образных расстрелов

$$C_g^{\delta} = \frac{E}{\frac{a_o(l-a_o)}{lF} + \frac{l_{o1}^3 l_{o2}^3 \sin^2\omega_1 \sin^2\omega_2}{2.1 \cdot J_{zo}(l_{o1}^3 \sin^2\omega_1 + l_{o2}^3 \sin^2\omega_2)}}, \frac{H}{M}, \qquad (5.22)$$

или при $l_{o1} = l_{o2} = l_o$ и $\omega_1 = \omega_2 = 90^0$

$$C_g^{\delta} = \frac{E}{\frac{a_o(l-a_o)}{lF} + \frac{l_o^3}{4,2\,J_{zo}}}, \frac{H}{M}. \qquad (5.23)$$

5.3.3.2. Боковая жесткость.

$$C_o^б = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\cos\alpha}{C_g^л}\right)^2 + \left(\frac{\sin\alpha}{C_g^б}\right)^2 + \frac{d^2}{3kEJ_zL}\left[l(l-3a_o)+3a_o^2\right] + \frac{\Phi}{E}}}, \frac{H}{м}, \quad (5.24)$$

где d – плечо боковой силы, м :

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

$d = l_g + \frac{2}{3}H$ – 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.I.2) ;

$C_g^л$ и $C_g^б$ – см. п. 5.3.3.I ;

l , a_o, Φ – см. п. 5.3.2.I.

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

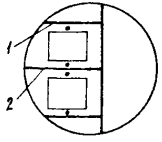
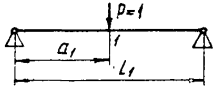
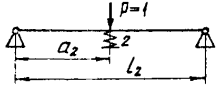
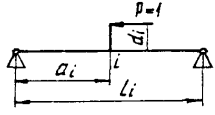
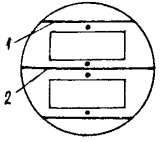
5.4. Инерциальные характеристики груженых подъемных сосудов.

Центральные моменты инерции груженого подъемного сосуда (J_φ J_ψ , J_θ) , 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.I. Скипы.

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

Таблица 5.3.

№№ п/п	Схема яруса	Жесткость расстрела в точке крепления проводника	
		лобовая	боковая
1		Расстрел 1  $C_1^{\Lambda} = k\frac{3EJ_x l_1}{a_1^2(l_1-a_1)^2}, \frac{Н}{м}$. Расстрел 2  $C_2^{\Lambda} = k\frac{3EJ_x l_2}{a_2^2(l_2-a_2)^2} + \frac{8EJ^{\Lambda}}{h^3}, \frac{Н}{м}$.	Расстрелы 1,2  $C_i^{б} = k\frac{E}{\frac{a_i(l_i-a_i)}{l_i F} + \frac{d_i^2}{3J_x l_i}[l_i(l_i-3a_i)+3a_i^2]+\Phi}, \frac{Н}{м}$. $(i=1,2)$
2			

Коэффициент k принимается равным для:

схемы 1 – k = 1,7 — схемы 1 – k = 1,1

схемы 2 – k = 3,2 — схемы 2 – k = 1,15

При болтовом (анкерном) креплении обоих концов расстрела k = 1,0

Таблица 5.3.

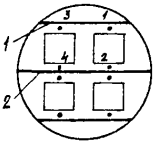
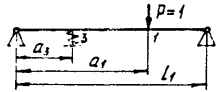
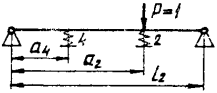
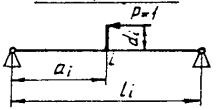
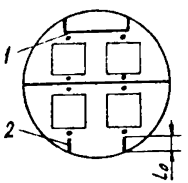
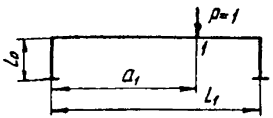
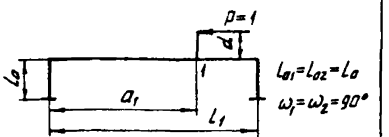
№ п/п	Схема яруса	Жесткость распорок в точке крепления проводника	
		лобовая	боковая
3		**Распорка 1**  $L_1 - a_1 = a_3$ $C_1^A = \frac{2}{\delta_{11} - \delta_{13} X_3}$, $\frac{H}{m}$, где $X_3 = \frac{\delta_{31}}{\Delta_3 + \delta_{33}}$, $\Delta_3 = \frac{h^3}{8EJ^A}$, $\delta_{33} = \delta_{11} = \frac{a_1^2 (L_1 - a_1)^2}{3EJ_z L_1}$, $\delta_{31} = \delta_{13} = \frac{a_3 (L_1 - a_1)[L_1^2 - a_3^2 - (L_1 - a_1)^2]}{6EJ_z L_1}$. **Распорка 2**  $L_2 - a_2 = a_4$ $C_2^A = \frac{2}{\delta_{22} - \delta_{24} X_4} + \frac{8EJ^A}{h^3}$, $\frac{H}{m}$, где $X_4 = \frac{\delta_{42}}{\Delta_4 + \delta_{44}}$, $\Delta_4 = \frac{h^3}{16EJ^A}$, $\delta_{44} = \delta_{22} = \frac{a_2^2 (L_2 - a_2)^2}{3EJ_z L_2}$, $\delta_{42} = \delta_{24} = \frac{a_4 (L_2 - a_2)[L_2^2 - a_4^2 - (L_2 - a_2)^2]}{6EJ_z L_2}$.	**Распорки 1, 2**  $C_i^{\delta} = \frac{1{,}35 \cdot E}{\frac{a_i (l_i - a_i)}{l_i F} + \frac{d_i^2}{3J_z l_i}[l_i (l_i - 3a_i) + 3a_i^2] + \Phi}$, $\frac{H}{m}$. $(i = 1, 2)$

Таблица 5.3.

№№ п/п	Схема яруса	Жесткость расстрела в точке крепления проводника	
		лобовая	боковая
4		**Расстрел 1**  $C_1^л=\frac{E}{\frac{a_1^2(l_1-a_1)^2}{3J_z l_1}+\frac{nl_o}{F_o l_1^2}[(l_1-a_1)^2+a_1^2]}$, $\frac{Н}{м}$.	 $C_1^б=\frac{E}{\frac{a_1(l_1-a_1)}{l_1 F}+\frac{l_o^3}{42J_{zo}}+\frac{d^2}{3J_z l_1}[l_1(l_1-3a_1)+3a_1^2]+\Phi}$, $\frac{Н}{м}$
		Расстрел 2 $C_2^л=\frac{EF}{nl_o}$, $\frac{Н}{м}$.	$C_2^б=\frac{E}{\frac{\gamma l_к^3}{3J_z}+\Phi}$, $\frac{Н}{м}$.

Здесь обозначено:

$n=1+\frac{1}{2l_o}$ – для расстрелов, заделанных в крепь ствола;

$n=1$ – для расстрелов с болтовым (анкерным) креплением;

$\gamma=1{,}4$ – для коробчатых расстрелов и расстрелов двутаврового профиля с вертикально расположенной стойкой;

$\gamma=2{,}8$ – для расстрелов двутаврового профиля с горизонтально расположенной стойкой;

$\gamma=4{,}0$ – для расстрелов с анкерным креплением к крепи ствола;

$l_к=l_o-\frac{r}{2}+H$ – при рельсовых, $l_к=l_o+\frac{2}{3}H$ – при коробчатых проводниках.

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 сосуде элементами подвесного устройства, роликовыми направляющими – m_1 , кг.

5.4.I.I.2. Масса нижнего пояса с ограждением, обшивкой, закрепленными на сосуде 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 – $m_{гр}$, кг.

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

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

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.IO. Расстояние по вертикали от основания скипа до нижней точки кузова (днища) – l_4 , м.

5.4.I.I.II. Высота верхнего пояса скипа, равная высоте его несущих балок,– h_1 , м.

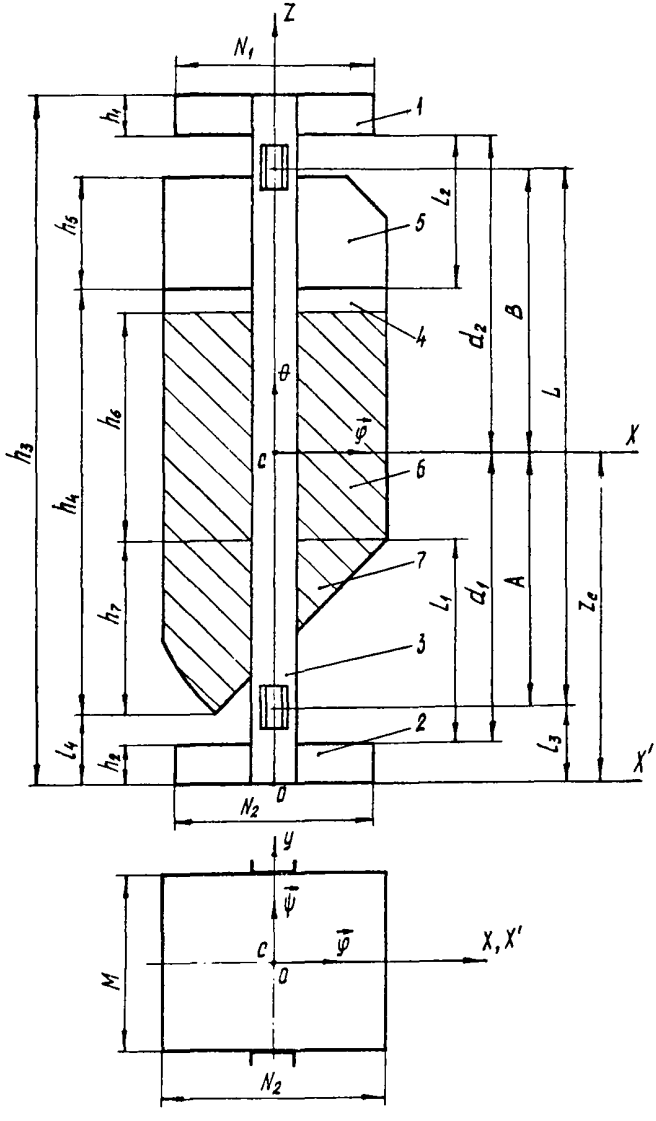


Рис.5.4. Расчетная схема определения геометрических и инерциальных характеристик груженого скипа

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 – $h_{гр}=h_6+h_7$, 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.2I. 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 :

$$m_6 = m_{гр}\frac{h_6}{h_6+0{,}5h_7}\ ,\ кг\ ; \qquad (5.26)$$

$$m_7 = m_{гр} - m_6\ ,\ кг\ . \qquad (5.27)$$

Для опрокидных скипов и скипов с отклоняющимся кузовом:

$$m_6 = m_{гр}, кг\ ;\ \ m_7 = 0,\ кг\ .$$

5.4.I.2.2. Произведения масс элементов скипа на координаты их центров масс по вертикальной оси:

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

Для опрокидных скипов и скипов с отклоняющимся кузовом:

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

5.4.I.2.3. Координата центра масс груженого скипа по вертикальной оси :

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

5.4.I.2.4. Расстояние от горизонтальной плоскости, проходящей через центр масс груженого скипа, до нижних и верхних жестких рабочих или предохранительных направляющих устройств:

$$\begin{aligned} A &= Z_c - L_3\ ,\ м\ ; \\ B &= L - A\ ,\ м\ . \end{aligned} \qquad (5.3I)$$

5.4.I.3. Центральные моменты инерции груженого скипа.

5.4.I.3.I. Расстояния по вертикали от центра масс груженого скипа до центров масс его элементов:

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

5.4.I.3.2. Центральные моменты инерции элементов экипа.

Верхний пояс:

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

Нижний пояс:

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

Вертикальные стойки рамы:

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

Кузов:

$$J_{\varphi 4} = m_4\left\{\frac{h_4^3(M+N) + Mh_4(3Nh_4 + 3MN + M^2) + M^3N}{12[Nh_4 + M(N+h_4)]} + Z_4^2\right\},\ кг\cdot м^2;$$

$$J_{\psi 4} = m_4\left\{\frac{h_4^3(M+N) + N^3(M+h_4) + 3MNh_4(N+h_4)}{12[Nh_4 + M(N+h_4)]} + Z_4^2\right\},\ кг\cdot м^2; \qquad (5.36)$$

$$J_{\theta 4} = m_4\left\{\frac{3MNh_4(M+N) + M^3(N+h_4) + N^3(M+h_4)}{12[Nh_4 + M(N+h_4)]}\right\},\ кг\cdot м^2.$$

Кожух:

$$J_{\varphi 5} = m_5\left\{\frac{h_5^3(M+N) + Mh_5(3Nh_5 + 3MN + M^2) + M^3N}{12[Nh_5 + M(N+h_5)]} + Z_5^2\right],\ кг\cdot м^2;$$

$$J_{\psi 5} = m_5\left\{\frac{h_5^3(M+N) + N^3(M+h_5) + 3MNh_5(N+h_5)}{12[Nh_5 + M(N+h_5)]} + Z_5^2\right],\ кг\cdot м^2; \qquad (5.37)$$

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

Груз, расположенный в части кузова с постоянным поперечным сечением:

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

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

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

Груз, расположенный в части кузова с переменным поперечным сечением:

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

$$J_{\psi 7}=m_7(0{,}083N^2+0{,}056h_7^2+Z_7^2),\ кг\cdot м^2; \qquad (5.39)$$

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

5.4.I.3.3. Моменты инерции груженого скипа:

относительно оси OX

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

относительно оси OY

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

относительно оси OZ

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

5.4.2. Клети.

Конструкция клети разбивается на следующие элементы: I-вагонетка с грузом нижнего этажа; 2 - отопоры нижнего этажа; 3-ловитель; 4 - балка подвесного устройства или крыша стационарного

зонта; 5 - жесткие стойки подвесного устройства или стационарного зонта; 6 - вагонетка с грузом верхнего этажа; 7 - стопоры верхнего этажа; 8 - металлоконструкция клети.

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

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

5.4.2.I. Исходные данные для расчета.

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

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

5.4.2.I.2. Масса стопоров одного этажа - $m_2 = m_7$, кг.

5.4.2.I.3. Масса ловителя - m_3 , кг.

5.4.2.I.4. Масса балки подвесного устройства с зонтом и элементами крепления прицепного устройства для клетей одноканатного подъема или масса крыши стационарного зонта для клетей многоканатного подъема - m_4 , кг.

5.4.2.I.5. Масса стоек подвесного устройства для клетей одноканатного подъема или масса стоек стационарного зонта для клетей многоканатного подъема - m_5 , кг.

5.4.2.I.6. Масса металлоконструкции клети -

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

где m_c - масса порожней клети, кг.

5.4.2.I.7. Расстояние по вертикали между верхними и нижними жесткими рабочими или предохранительными направляющими

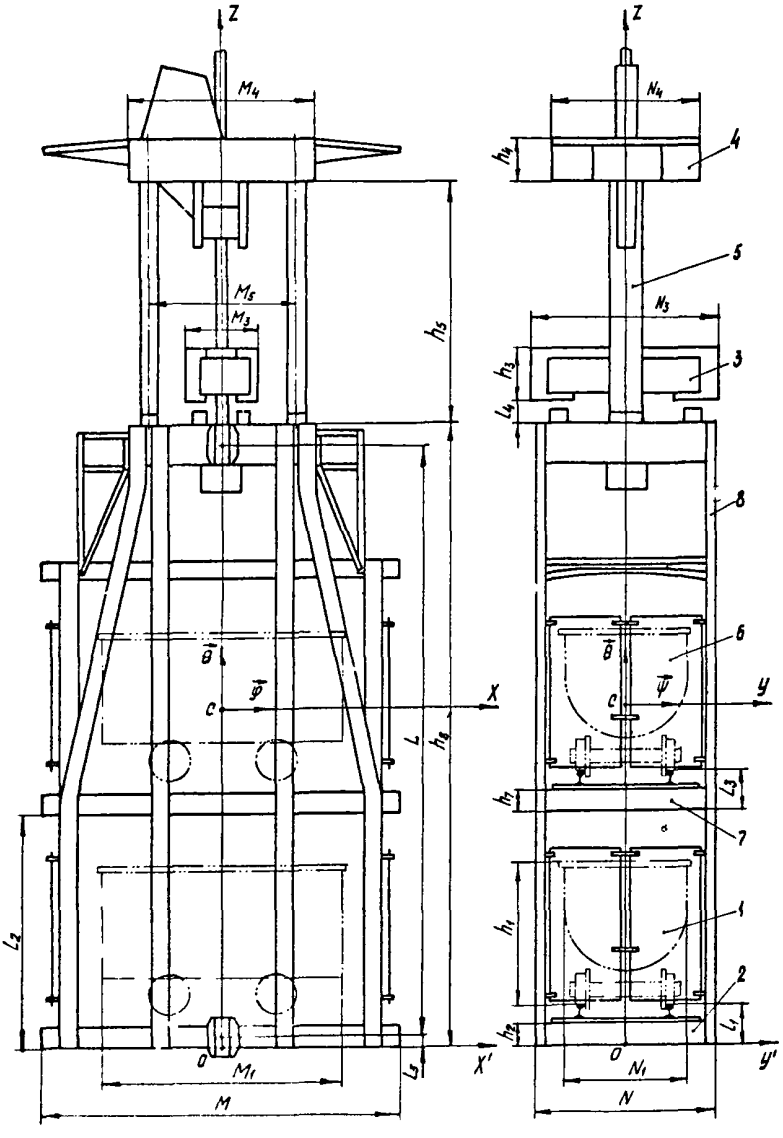


Рис.5.5. Расчетная схема определения геометрических и инерциальных характеристик груженой клети

устройствами – L , м.

5.4.2.I.8. Расстояние от основания клети до головок рельсов нижнего пояса – l_1 , м.

5.4.2.I.9. Расстояние от основания клети до основания среднего пояса – l_2 , м.

5.4.2.I.IO. 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 клети 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 клети (длина вертикальных стоек) – h_8 ,м.

5.4.2.I.20. Длина клети в плане – M , м.

5.4.2.I.2I. Ширина клети 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 клети – M_3 , м.

5.4.2.I.25. Габаритный размер ловителя в направлении, перпендикулярном продольной оси клети, – 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.I.27. Габаритный размер балки подвесного устройства или крыши стационарного зонта в направлении, перпендикулярном продольной оси клети – N_4 , м.

5.4.2.I.28. Расстояние между осями стоек подвесного устройства или стационарного зонта в среднем их сечении в направлении продольной оси клети – M_5 , м.

5.4.2.I.29. Расстояние между осями стоек подвесного устройства или стационарного зонта в среднем их сечении в направлении, перпендикулярном продольной оси клети, – N_5 , м.

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

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

5.4.2.2.I. Масса клети с грузом:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 + m_8 \text{ , кг.} \qquad (5.4I)$$

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

$$\begin{aligned}
A_1 &= m_1 (l_1 + 0{,}57 \cdot h_1) \text{ , кг·м ;} \\
A_2 &= 0{,}5 \cdot m_2 \cdot h_2 \text{ , кг·м ;} \\
A_3 &= m_3 (h_8 + l_4 + 0{,}5 \cdot h_3) \text{ , кг·м ;} \\
A_4 &= m_4 (h_8 + h_5 + 0{,}5 \cdot h_4) \text{ , кг·м ;} \\
A_5 &= m_5 (h_8 + 0{,}5 \cdot h_5) \text{ , кг·м ;} \\
A_6 &= m_1 (l_2 + l_3 + 0{,}57 \cdot h_1) \text{ , кг·м ;} \\
A_7 &= m_2 (l_2 + 0{,}5 \cdot h_7) \text{ , кг·м ;} \\
A_8 &= 0{,}5 \cdot m_8 \cdot h_8 \text{ , кг·м.}
\end{aligned} \qquad (5.42)$$

5.4.2.2.3. Координата центра масс груженой клети по вертикальной оси:

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

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

$$A = Z_c - l_5, \text{ м},$$
$$B = L - A, \text{ м}. \tag{5.44}$$

5.4.2.3. Центральные моменты инерции груженой клети.

5.4.2.3.1. Расстояния по вертикали от центра масс груженой клети до центров масс ее элементов:

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

5.4.2.3.2. Центральные моменты инерции элементов клети.

Вагонетка, расположенная в нижнем этаже клети:

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

Стопоры нижнего этажа клети:

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

Ловитель:

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

Балка подвесного устройства или крыша стационарного зонта:

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

Стойки подвесного устройства или стационарного зонта:

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

Вагонетка, расположенная в верхнем этаже:

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

Стопоры верхнего этажа клети:

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

Металлоконструкция клети:

$$J_{\varphi 8}=m_8[0{,}083(N+h_8)^2+Z_8^2],\ кг\cdot м^2;$$

$$J_{\psi 8}=m_8\left[\frac{M^2}{12}+\frac{(3N+h_8)h_8^2}{12(N+h_8)}+Z_8^2\right],\ кг\cdot м^2; \qquad (5.53)$$

$$J_{\theta 8}=m_8\left[\frac{M^2}{12}+\frac{N^2(N+3h_8)}{12(N+h_8)}\right],\ кг\cdot м^2.$$

5.4.2.3.3. Моменты инерции груженой клети:

относительно оси OX

$$J_\varphi=J_{\varphi 1}+J_{\varphi 2}+J_{\varphi 3}+J_{\varphi 4}+J_{\varphi 5}+J_{\varphi 6}+J_{\varphi 7}+J_{\varphi 8},\ кг\cdot м^2;$$

относительно оси OY

$$J_\psi=J_{\psi 1}+J_{\psi 2}+J_{\psi 3}+J_{\psi 4}+J_{\psi 5}+J_{\psi 6}+J_{\psi 7}+J_{\psi 8},\ кг\cdot м^2; \qquad (5.54)$$

относительно оси OZ

$$J_\theta=J_{\theta 1}+J_{\theta 2}+J_{\theta 3}+J_{\theta 4}+J_{\theta 5}+J_{\theta 6}+J_{\theta 7}+J_{\theta 8},\ кг\cdot м^2.$$

5.4.3. Подъемные сосуды с диагональным расположением проводников.

Центральные моменты инерции $J_{\varphi g}$, $J_{\psi g}$, $J_{\theta g}$ определяются по формулам:

$$J_{\varphi g}=J_\varphi\cdot\sin^2\alpha+J_\psi\cdot\cos^2\alpha,\ кг\cdot м^2;$$

$$J_{\psi g}=J_\psi\cdot\sin^2\alpha+J_\varphi\cdot\cos^2\alpha,\ кг\cdot м^2; \qquad (5.55)$$

$$J_{\theta g}=J_\theta,\ кг\cdot м^2,$$

где J_φ, J_ψ и J_θ – моменты инерции груженого подъемного сосуда относительно его центральных осей; определяются расчетом в соответствии с пп. 5.4.I и 5.4.2 либо принимаются из приложений 4 и 5, кг.м^2;

α – 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 ($C_c^л$ и $C_c^б$) принимаются из приложений 4 и 5 либо определяются расчетом.

5.5.I. Скипы.

5.5.I.I. Скипы рамной конструкции.

Лобовая (боковая) жесткость:

$$C_c^{л(б)} = \frac{720 E J_{рм}^{л(б)}}{L^3} \cdot \frac{H}{M}, \qquad (5.56)$$

где $J_{рм}^{л(б)}$ – лобовый (боковой) момент инерции поперечного сечения вертикальной стойки рамы скипа, м^4;

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

5.5.I.2. Скипы каркасной конструкции.

Лобовая жесткость:

$$C_c^л = \frac{48 E J_{рм1}^л (d_1 + d_2)}{l_1^3 d_2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{d_1 J_{рм1}^л l_2^3}{d_2 J_{рм2} l_1^3} + \frac{48 E J_{рм1}^л (d_1 + d_2)}{l_1^3 d_2} \delta_к^л} \cdot \frac{H}{M}, \qquad (5.57)$$

боковая жесткость:

$$C_c^б = \frac{12 E J_{рм1}^б (d_1 + d_2)}{l_1^3 d_2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{d_1 J_{рм1}^б l_2^3}{d_2 J_{рм2}^б l_1^3} + \frac{12 E J_{рм1}^б (d_1 + d_2)}{l_1^3 d_2} \delta_к^б} \cdot \frac{H}{M}, \qquad (5.58)$$

где $J_{рм1}^{л(б)}$, $J_{рм2}^{л(б)}$ – лобовые (боковые) моменты инерции поперечного сечения отрезков вертикальных стоек рамы скипа, расположенных между кузовом и соответственно нижней и верхней балками рамы, м^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 груженого скипа соответственно до нижней и верхней балок рамы, м;

$\delta_к^{л(б)} = 2{,}5 \cdot 10^{-9}$ м/Н – величина, характеризующая податливость кузова в лобовом (боковом) направлении.

В соответствии с расчетной схемой скипа на рис.5.4

$$l_1 = l_4 + h_7 - h_2 \text{, м}; \quad l_2 = h_3 - l_4 - h_4 - h_1 \text{, м};$$
$$d_1 = z_c - h_2 \text{, м}; \quad d_2 = h_3 - h_1 - z_c \text{, м}. \qquad (5.59)$$

Если в нижней или верхней частях скипа вертикальные стойки рамы связаны между собой элементами конструкции затвора, смотровой площадки или кожуха, значения величин l_1 и l_2 следует умножить на коэффициент 0,8.

5.5.I.3. Значения лобовой и боковой жесткостей скипа ($C_c^л$ и $C_c^б$) с двухсторонними боковыми проводниками меняются друг с другом местами в случае одностороннего расположения проводников.

5.5.2. Клети.

Лобовая (боковая) жесткость:

для одноэтажных клетей

$$C_c^{л(б)} = \frac{340 \cdot E J_{cm}^{л(б)} \cdot m_c}{L^4 q_{cm}}, \frac{Н}{м}; \qquad (5.60)$$

для двухэтажных клетей

$$C_c^{л(б)} = \frac{11 \cdot \nu_2^4 E J_{cm}^{л(б)} \cdot m_c}{L^4 q_{cm}}, \frac{Н}{м}; \qquad (5.6I)$$

для трехэтажных клетей

$$C_c^{л(б)} = \frac{55 \nu_3^4 E J_{cm}^{л(б)} \cdot m_c}{L^4 q_{cm}}, \frac{Н}{м}, \qquad (5.62)$$

где m_c – масса порожней клети, кг;

$J_{cm}^{л(б)}$ – усредненный лобовый (боковой) момент инерции поперечных сечений стоек клети, $м^4$;

q_{cm} – усредненная линейная плотность стоек клети, кг/м;

γ_2 , γ_3 – коэффициенты, определяемые по графикам рис.5.6 в зависимости от значения параметра z :

$$z_2 = 0{,}33\left(\frac{m_c}{L q_{cm}} - 8\right)$$ – для двухэтажной клети,

$$z_3 = 0{,}25\left(\frac{m_c}{L q_{cm}} - 8\right)$$ – для трехэтажной клети.

Значения лобовой и боковой жесткостей ($C_c^л$ и $C_c^б$) клети с двухсторонними боковыми проводниками меняются друг с другом местами в случае двухстороннего лобового расположения проводников.

5.5.3. Подъемные сосуды с диагональным расположением проводников.

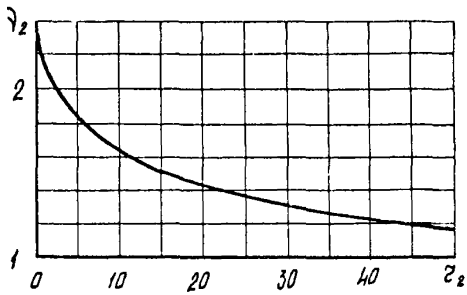
Лобовые (боковые) жесткости сосудов определяются по формулам (5.56) – (5.58) и (5.60) – (5.62). При этом значения лобовых (боковых) моментов инерции поперечных сечений вертикальных стоек рамы скипа и клети, входящие в указанные формулы, находятся соответственно из выражений:

$$J_{pmg}^{л(б)} = J_{pm}^{л(б)} \cdot \cos^2\alpha + J_{pm}^{б(л)} \cdot \sin^2\alpha \text{ , } м^4 ; \qquad (5.63)$$

$$J_{cmg}^{л(б)} = J_{cm}^{л(б)} \cos^2\alpha + J_{cm}^{б(л)} \cdot \sin^2\alpha \text{ , } м^4 . \qquad (5.64)$$

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

5.6.I. Система "сосуд-армировка" с двухсторонним располо-



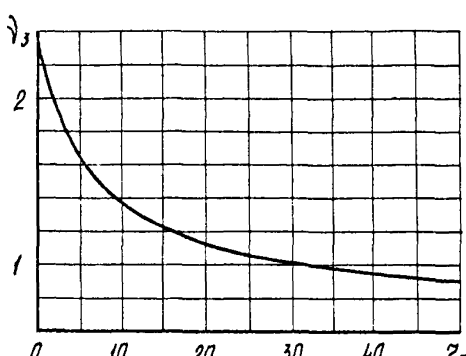


Рис.5.6. Графики изменения коэффициентов ϑ_2 и ϑ_3 в зависимости от параметров z_2 и z_3

жением проводников относительно сосуда.

5.6.I.I. Проверка запаса устойчивости по отношению к лобовым колебаниям сосуда.

Средняя лобовая жесткость расстрелов для обеих ниток проводников:

$$C^{л} = \sqrt{C_1^{л} \cdot C_2^{л}}, \frac{Н}{м}, \qquad (5.65)$$

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

Коэффициент относительной жесткости армировки:

$$\gamma^{л} = \frac{C^{л}}{C_c^{л}} \quad \text{– при боковых проводниках;}$$
$$\gamma^{л} = \frac{C^{л}}{C_c^{б}} \quad \text{– при лобовых проводниках,} \qquad (5.66)$$

где $C_c^{л(б)}$ – лобовая (боковая) жесткость сосуда, Н/м,

Обобщенный безразмерный параметр лобовой жесткости армировки:

$$\delta^{л} = \frac{C^{л} h^3}{6EJ^{л}}, \qquad (5.67)$$

где $J^{л}$ – лобовый момент инерции сечения проводника, $м^4$;

h – шаг армировки, м.

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

$$\delta_{экв}^{л} = \frac{\delta^{л}}{1+\gamma^{л}}. \qquad (5.68)$$

Параметр демультипликационного резонанса – $M^{л}$. Определяется из графика рис.5.7 в зависимости от $lg\,\delta_{экв}^{л}$. Для значения $\delta_{экв}^{л} < I$ $M^{л} = 0,5$.

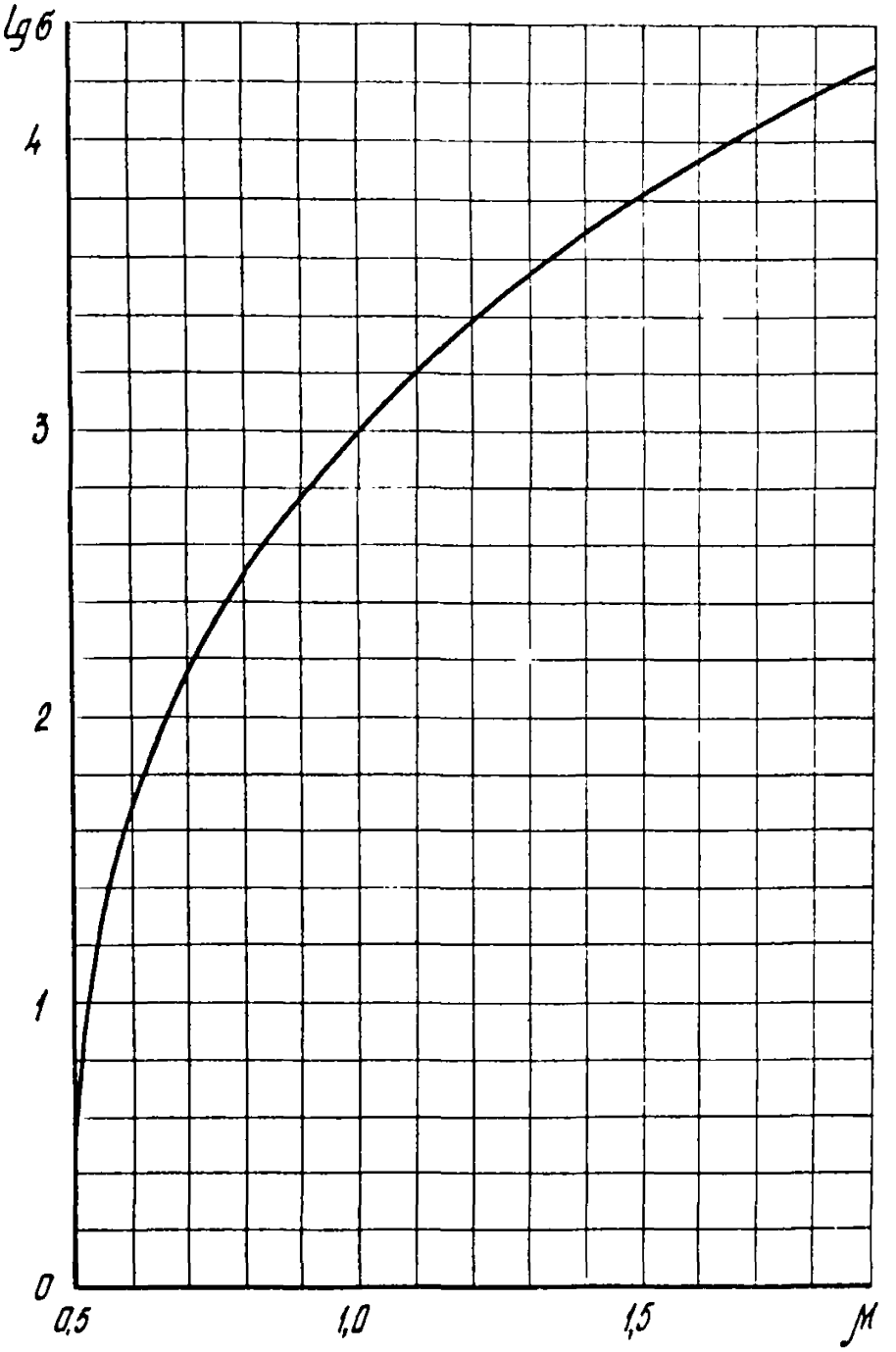


Рис.5.7. График изменения параметра демультипликационного резонанса M в зависимости от $lg\,б$

Допустимый запас устойчивости:

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

Мультипликаторы частот поворотных лобовых колебаний груженого сосуда:

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

$\lambda_\varphi^2 = \frac{mL^2}{4J_{\varphi\varphi}}$ – при диагональном расположении проводников; (5.71)

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

где J_φ , $J_{\varphi\varphi}$, J_ψ – центральные моменты инерции груженого сосуда, кг.м^2.

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

Эксцентриситет центра масс груженого сосуда:

$$\rho = \left| \frac{A-B}{A+B} \right| , \tag{5.73}$$

где A и B – расстояния от горизонтальной плоскости, проходящей через центр масс груженого сосуда, до его нижних и верхних жестких рабочих или предохранительных направляющих, м.

Обобщенный мультипликатор частот лобовых колебаний сосуда:

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

Относительная средняя лобовая жесткость проводников:

$$\varepsilon^{\wedge} = \frac{\varepsilon^{\wedge}_{cp}}{1 + \varepsilon^{\wedge}_{cp}\gamma^{\wedge}} , \qquad (5.75)$$

где $\varepsilon^{\wedge}_{cp}$ определяется по графику рис.5.8. в зависимости от $lg\sigma^{\wedge}$.

Для $\sigma^{\wedge} < 1$ $\quad \varepsilon^{\wedge}_{cp} = \sqrt[4]{\frac{32}{3\sigma^{\wedge}}}$. (5.76)

Действительный запас устойчивости:

$$K^{\wedge} = \frac{C^{\wedge}\varepsilon^{\wedge}\rho^{\wedge}h^2}{2\pi^2(k_p M)^2(mV^2)} \geq [K^{\wedge}] , \qquad (5.77)$$

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

k_p - коэффициент, зависящий от типа рабочих направляющих подъемного сосуда:

k_p =I,0 - при жестких направляющих скольжения,

k_p =0,85 - при упругих роликовых направляющих.

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

$$[V^{\wedge}_{л}] = V\sqrt{\frac{K^{\wedge}}{[K^{\wedge}]}} \ , \ \frac{м}{с} . \qquad (5.78)$$

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

$$[m^{\wedge}_{л}] = m\frac{K^{\wedge}}{[K^{\wedge}]} . \qquad (5.79)$$

5.6.I.2. Проверка запаса устойчивости по отношению к боковым колебаниям сосуда.

Коэффициенты относительной жесткости армировки:

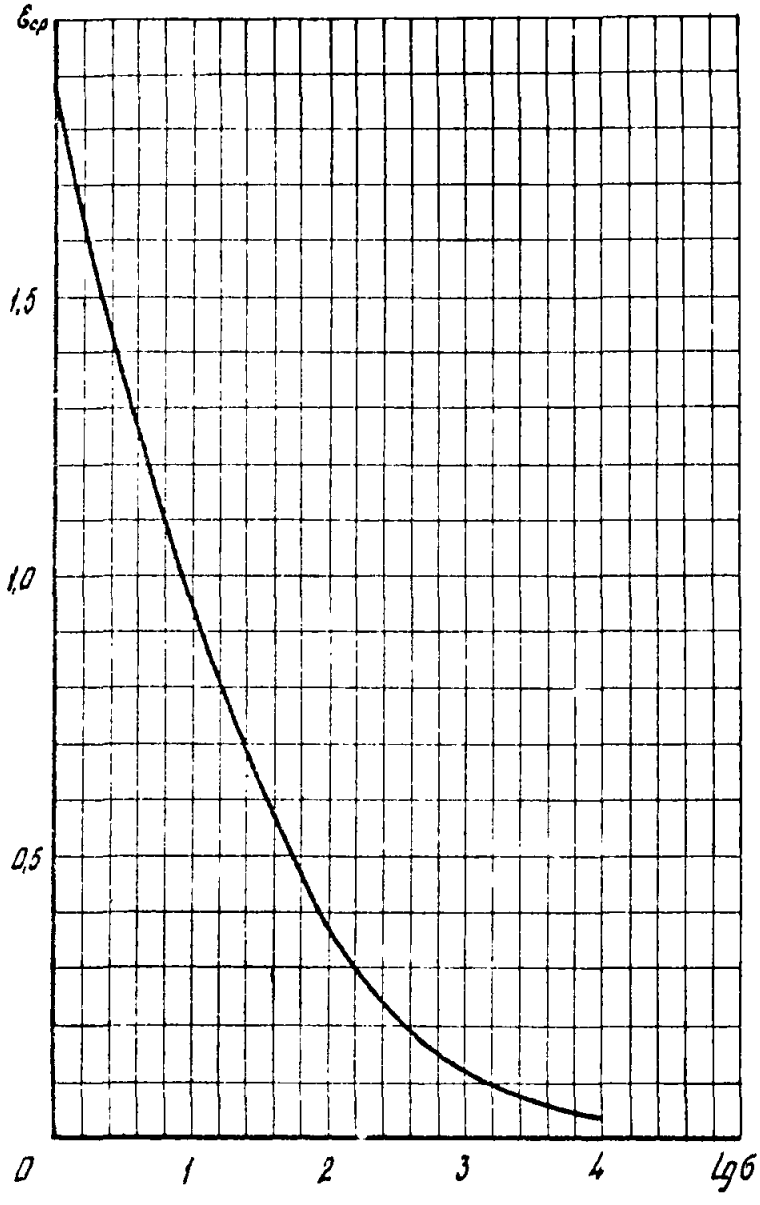


Рис.5.8. График изменения относительной средней жесткости проводников $\varepsilon_{ср}$ в зависимости от $Lgб$

$$\gamma_1^{\delta}=\frac{C_1^{\delta}}{C_c^{\delta}}\ ;\quad \gamma_2^{\delta}=\frac{C_2^{\delta}}{C_c^{\delta}} \qquad \text{- при боковых проводниках;}$$

$$\gamma_1^{\delta}=\frac{C_1^{\delta}}{C_c^{\Lambda}}\ ;\quad \gamma_2^{\delta}=\frac{C_2^{\delta}}{C_c^{\Lambda}} \qquad \text{- при лобовых проводника,} \tag{5.80}$$

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

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

Обобщенные безразмерные параметры боковой жесткости армировки:

$$\sigma_1^{\delta}=\frac{C_1^{\delta}h^3}{6EJ^{\delta}}\ ;\qquad \sigma_2^{\delta}=\frac{C_2^{\delta}h^3}{6EJ^{\delta}}, \tag{5.81}$$

где J^{δ} - боковой момент инерции поперечного сечения проводника, м^4

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

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

Параметр демультипликационного резонанса - μ^{δ}. 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 $\sigma_{экв}^{\delta}<1$ $\mu_{\infty}^{\delta}=0{,}5$.

Допустимый запас устойчивости:

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

Относительные средние боковые жесткости проводников:

$$\varepsilon_1^{\delta}=\frac{\sigma_{1ср}^{\delta}}{1+\gamma_1^{\delta}}\ ;\qquad \varepsilon_2^{\delta}=\frac{\sigma_{2ср}^{\delta}}{1+\gamma_2^{\delta}}\ , \tag{5.84}$$

где $\varepsilon^{\delta}_{1ср}$ и $\varepsilon^{\delta}_{2ср}$ определяются из графика рис.5.8 в зависимости от $lg\sigma^{\delta}_{1экв}$ и $lg\sigma^{\delta}_{2экв}$.

Для $\sigma^{\delta}_{экв} < 1$ $\quad \varepsilon^{\delta}_{ср} = \sqrt[4]{\frac{32}{3\sigma^{\delta}_{экв}}}$. (5.85)

Коэффициент неоднородности упругих характеристик проводников:

$$q = 1 - \left(\frac{\sigma^{\delta}_2 \varepsilon^{\delta}_2 - \sigma^{\delta}_1 \varepsilon^{\delta}_1}{\sigma^{\delta}_2 \varepsilon^{\delta}_2 + \sigma^{\delta}_1 \varepsilon^{\delta}_1} \right)^2. \quad (5.86)$$

Мультипликаторы частот поворотных боковых колебаний сосуда:

$\lambda^2_{\psi} = \frac{mL^2}{4J_{\psi}}$ – при боковом расположении проводников; (5.87)

$\lambda^2_{\psi} = \frac{mL^2}{4J_{\psi q}}$ – при диагональном расположении проводников; (5.88)

$\lambda^2_{\psi} = \frac{mL^2}{4J_{\varphi}}$ – при лобовом расположении проводников; (5.89)

$$\lambda^2_{\theta} = \frac{mS^2}{4J_{\varphi}}, \quad (5.90)$$

где J_{φ} – центральный момент инерции груженого сосуда, кг.м^2.

Обобщенный мультипликатор частот боковых колебаний сосуда – ρ^{δ}.

Определяется как наименьший корень кубического уравнения:

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

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

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

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

Действительный запас устойчивости:

$$K^{б}=\frac{h^2\rho^{б}(C_1^{б}\varepsilon_1^{б}+C_2^{б}\varepsilon_2^{б})}{2\pi^2(k_0\mu^{б})^2(mv^2)}\geq[K^{б}]. \qquad (5.93)$$

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

$$[V_y^{б}]=V\sqrt{\frac{K^{б}}{[K^{б}]}},\ \frac{м}{с}. \qquad (5.94)$$

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

$$[m_y^{б}]=m\frac{K^{б}}{[K^{б}]}. \qquad (5.95)$$

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

$$[V_y]=min\{[V_y^{л}],[V_y^{б}]\},\ \frac{м}{с}; \qquad (5.96)$$

$$[m_y]=min\{[m_y^{л}],[m_y^{б}]\},\ кг. \qquad (5.97)$$

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:

$$C^{л}=\sqrt{C_1^{л}\cdot C_2^{л}},\ \frac{Н}{м};\qquad C^{б}=\sqrt{C_1^{б}\cdot C_2^{б}},\ \frac{Н}{м}. \qquad (5.98)$$

Коэффициенты относительной жесткости армировки в лобовом и боковом направлениях:

$$\gamma^{л}=\frac{C^{л}}{C_c^{л}};\qquad \gamma^{б}=\frac{C^{б}}{C_c^{б}}\qquad \text{- для клетей;}$$

$$\gamma^{л}=\frac{C^{л}}{C_c^{б}};\qquad \gamma^{б}=\frac{C^{б}}{C_c^{л}}\qquad \text{- для скипов.}$$

Обобщенные безразмерные параметры жесткости армировки в лобовом и боковом направлениях:

$$\delta^{л}=\frac{C^{л}h^{3}}{6EJ^{л}}, \qquad \delta^{б}=\frac{C^{б}h^{3}}{6EJ^{б}}.$$

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

$$\delta^{л}_{экв}=\frac{\delta^{л}}{1+\gamma^{л}}.$$

Параметр демультипликационного резонанса – $\mu^{л}$. Определяется из графика рис.5.7 в зависимости от $lg\delta^{л}_{экв}$. Для значений $\delta^{л}_{экв}<1$ $\mu^{л}=0,5$.

Допустимый запас устойчивости:

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

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

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

$$\delta^{б}_{экв}=\frac{\delta^{б}}{1+\gamma^{б}}.$$

Относительные средние жесткости проводников в лобовом и боковом направлениях:

$$\varepsilon^{л}=\frac{\delta^{л}_{ср}}{1+\gamma^{л}\delta^{л}_{ср}}; \qquad \varepsilon^{б}=\frac{\delta^{б}_{ср}}{1+\gamma^{б}},$$

где $\delta^{л}_{ср}$ и $\delta^{б}_{ср}$ определяется из графика рис.5.8 в зависимости от $lg\delta^{л}$ и $lg\delta^{б}_{экв}$.

Для $\delta^{л}<1$ и $\delta^{б}_{экв}<1$ значения $\varepsilon_{ср}$ определяются по формулам (5.76) и (5.85).

Отношение средней боковой и средней лобовой жесткостей:

$$\rho=\frac{C^{б}\varepsilon^{б}}{C^{л}\varepsilon^{л}}. \qquad (5.99)$$

Мультипликаторы частот поворотных лобовых и боковых колебаний:

$$\lambda_\varphi^2 = \frac{mL^2}{4J_\varphi}, \qquad \lambda_\psi^2 = \frac{mL^2}{4J_\psi} \quad \text{– для клетей;}$$

$$\lambda_\varphi^2 = \frac{mL^2}{4J_\psi}, \qquad \lambda_\psi^2 = \frac{mL^2}{4J_\varphi} \quad \text{– для скипов;}$$

$$\lambda_1^2 = \frac{mS^2}{4J_\varphi}, \qquad \lambda_2^2 = \frac{mN^2}{4J_\varphi}, \tag{5.100}$$

где S – ширина колеи, м;

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

Эксцентриситет центра масс груженого сосуда :

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

Обобщенный мультипликатор частот лобовых колебаний сосуда – $\rho^\wedge$.

Предварительно определяются величины

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

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

$$\rho^3 - \rho^2\{\lambda_1^2 + \rho[1+\lambda_\varphi^2(1+e^2)+\lambda_2^2]\} + \rho\{\rho^2\lambda_\varphi^2(1+\lambda_2^2) + \rho[\lambda_\varphi^2\lambda_1^2(1+e^2)+\lambda_1^2]\} - \rho^2\lambda_\varphi^2\lambda_1^2 = 0. \tag{5.102}$$

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

Действительный запас устойчивости:

$$K^\wedge = \frac{0{,}076\cdot C^\wedge \varepsilon^\wedge \rho^\wedge h^2}{(k_\rho M^\wedge)^2 (mv^2)} \geq [K^\wedge]. \tag{5.103}$$

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

ным колебаниям:

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

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

Обобщенный мультипликатор частот боковых колебаний сосуда – ρ^δ. Он является вторым по величине корнем кубического уравнения (5.102).

Параметр демультипликационного резонанса – μ^δ. Определяется из графика рис.5.7 в зависимости от $\lg \delta^\delta_{экв}$. Для значений $\lg \delta^\delta_{экв} < 1$ $\mu^\delta = 0{,}5$.

Допустимый запас устойчивости:

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

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

Действительный запас устойчивости:

$$K^\delta = \frac{C^A \delta^A \rho^\delta h^2}{\pi^2 (k_\rho \mu^\delta)^2 (mv^2)} \geq [K^\delta]. \qquad (5.104)$$

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

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

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 $K^{л} \geq [K^{л}]$ и $K^{б} \geq [K^{б}]$ 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 ($K^{л(б)} < [K^{л(б)}]$), необходимо принять больший типоразмер проводника или расстрела, применить дополнительные связи 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.

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 предохранительных 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 движения груженого сосуда.

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

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

$$P^{\Lambda(\delta)} = \frac{2\pi^2 \delta k_p^2 (mv^2)}{h^2} \cdot n^{\Lambda(\delta)}, \text{ Н}, \qquad (5.105)$$

где δ – зазор на сторону между рабочими или предохранительными направляющими скольжения и проводником;

δ = 0,01м – для рельсовых проводников;

δ = 0,015м – для сварных коробчатых;

δ = 0,02м – для деревянных.

k_p – коэффициент, зависящий от типа рабочих направляющих (см. п.5.6.I.I);

$n^{\Lambda(\delta)}$ – коэффициент, определяемый по табл.5.4 в зависимости от значений эксцентриситета центра масс груженого сосуда e, относительного искривления проводников $\frac{\Delta}{\delta}$ и параметра $lg\,\delta_i^{\Lambda(\delta)}$.

Таблица 5.4.

$lg\,\delta$		0-0,6	0,6-I,2	I,2-I,8	I,8-2,4	2,4-3,0	3,0-3,6
Δ/δ	e	Значения коэффициента $n^{\Lambda(\delta)}$					
0	0	0,9I	0,89	0,70	0,60	0,54	0,5I
	0,2	I,I4	I,09	0,84	0,72	0,64	0,62
	0,5	I,59	I,53	I,20	I,02	0,90	0,82
0,5	0	I,25	I,05	0,79	0,66	0,6I	0,59
	0,2	I,48	I,25	0,95	0,78	0,73	0,7I
	0,5	2,04	I,70	I,3I	I,I0	I,00	0,85
I,0	0	I,58	I,40	I,03	0,8I	0,79	0,73
	0,2	I,88	I,66	I,25	0,98	0,93	0,85
	0,5	2,45	2,08	I,56	I,28	I,I8	I,07

Примечания.I. Промежуточные значения $n^{\Lambda(\delta)}$ определяются методом интерполяции.

2. Для граничных значений $lg\,\delta^{\Lambda(\delta)}$ коэффициент $n^{\Lambda(\delta)}$ принимается средним для смежных диапазонов.

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

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

$\frac{\Delta}{\delta} = 0{,}5$ - для рельсовых, $\frac{\Delta}{\delta} = 0{,}35$ - для деревянных и $\frac{\Delta}{\delta} = 0{,}25$ - для сварных коробчатых проводников.

5.7.I.2. Координата точки приложения силы на пролете между ярусами - $\xi_i^{\Lambda(\delta)}$.

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

5.7.I.3. Изгибающие моменты и перерезывающие силы.

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

$$M_p^{\Lambda(\delta)} = P^{\Lambda(\delta)} \cdot h \cdot \beta_M^{\Lambda(\delta)}, \ Н \cdot м; \qquad (5.I06)$$

$$Q^{\Lambda(\delta)} = P^{\Lambda(\delta)} \cdot \beta_Q^{\Lambda(\delta)}, \ Н, \qquad (5.I07)$$

где $\beta_M^{\Lambda(\delta)}$ и $\beta_Q^{\Lambda(\delta)}$ - коэффициенты нагрузок, определяемые из соответствующих графиков рис.5.I0 в зависимости от значений параметров $lg G^{\Lambda(\delta)}$, $\delta_к$ и $\xi^{\Lambda(\delta)}$.

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

для рельсовых проводников

$\delta_к = 0$ при лобовой нагрузке,

$\delta_к = \infty$ при боковой нагрузке;

для коробчатых и деревянных проводников

$\delta_к = 0$ при лобовой и боковой нагрузках.

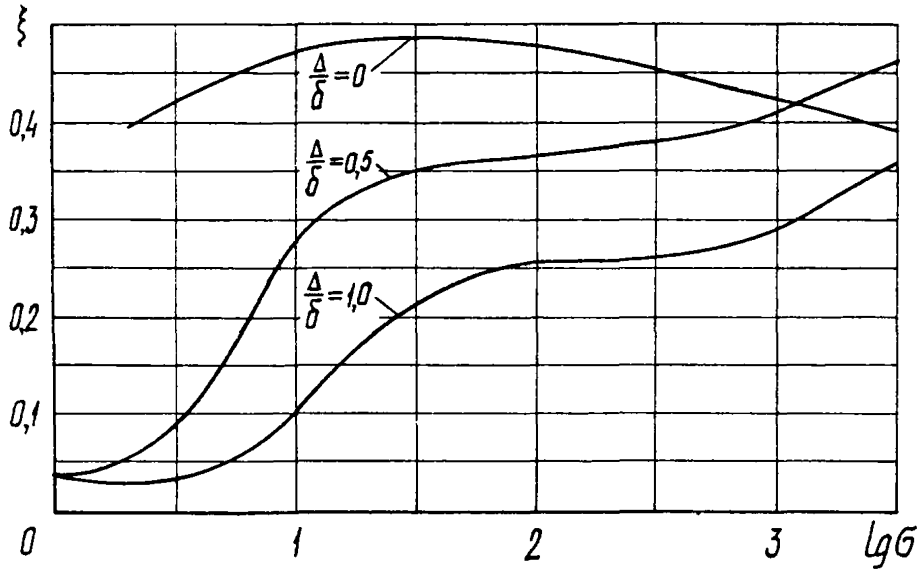


Рис.5.9. Графики изменения координаты ξ точки приложения силы на пролете между ярусами в зависимости от $lg\,G$ и параметра $\frac{\Delta}{\delta}$

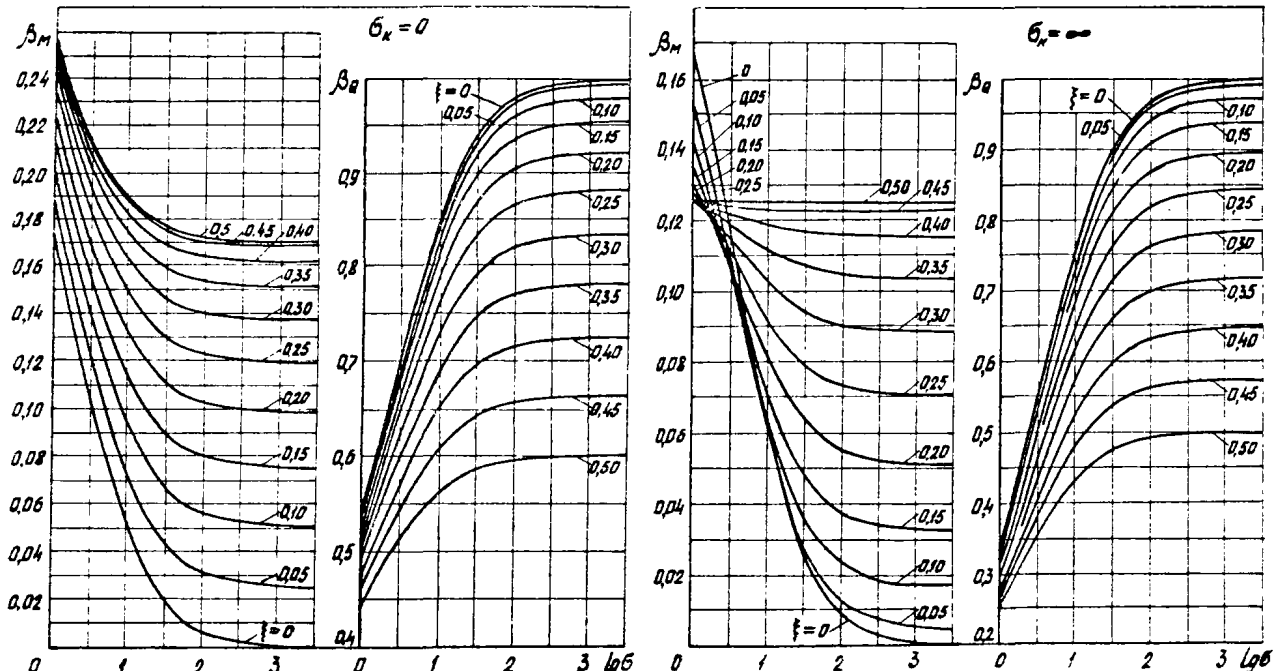


Рис.5.10. Графики изменения коэффициентов нагрузок β_M и β_Q в зависимости от $\lg\delta$ и координаты ξ точки приложения силы для значений параметра $\delta_к = 0$ и $\delta_к = \infty$

5.7.1.4. Прогибы проводника.

Прогиб под силой P^{Λ} :

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

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

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

$[f]$ - допустимый прогиб проводника:

$[f]$ = 0,015м - для рельсовых и деревянных,

$[f]$ = 0,045м - для коробчатых проводников.

Прогиб на ярусе:

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

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

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

$$[V_к] = V\sqrt{\frac{[f]}{f}}, \ \frac{м}{с} \quad ; \quad [m_к] = m\frac{[f]}{f}, \text{ кг}.$$

5.7.1.5. Напряжения проводника под силой $P^{\Lambda(б)}$:

$$\sigma_u^{\Lambda(б)} = \frac{M_p^{\Lambda(б)}}{W^{\Lambda(б)}} \leq [\sigma_u], \text{ МПа}, \qquad (5.110)$$

где $W^{\Lambda(б)}$ момент сопротивления поперечного сечения проводника, м^3;

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

для рельсовых проводников

$[\sigma_u]$ = 350 МПа (3500 кГ/см^2) - [redacted]

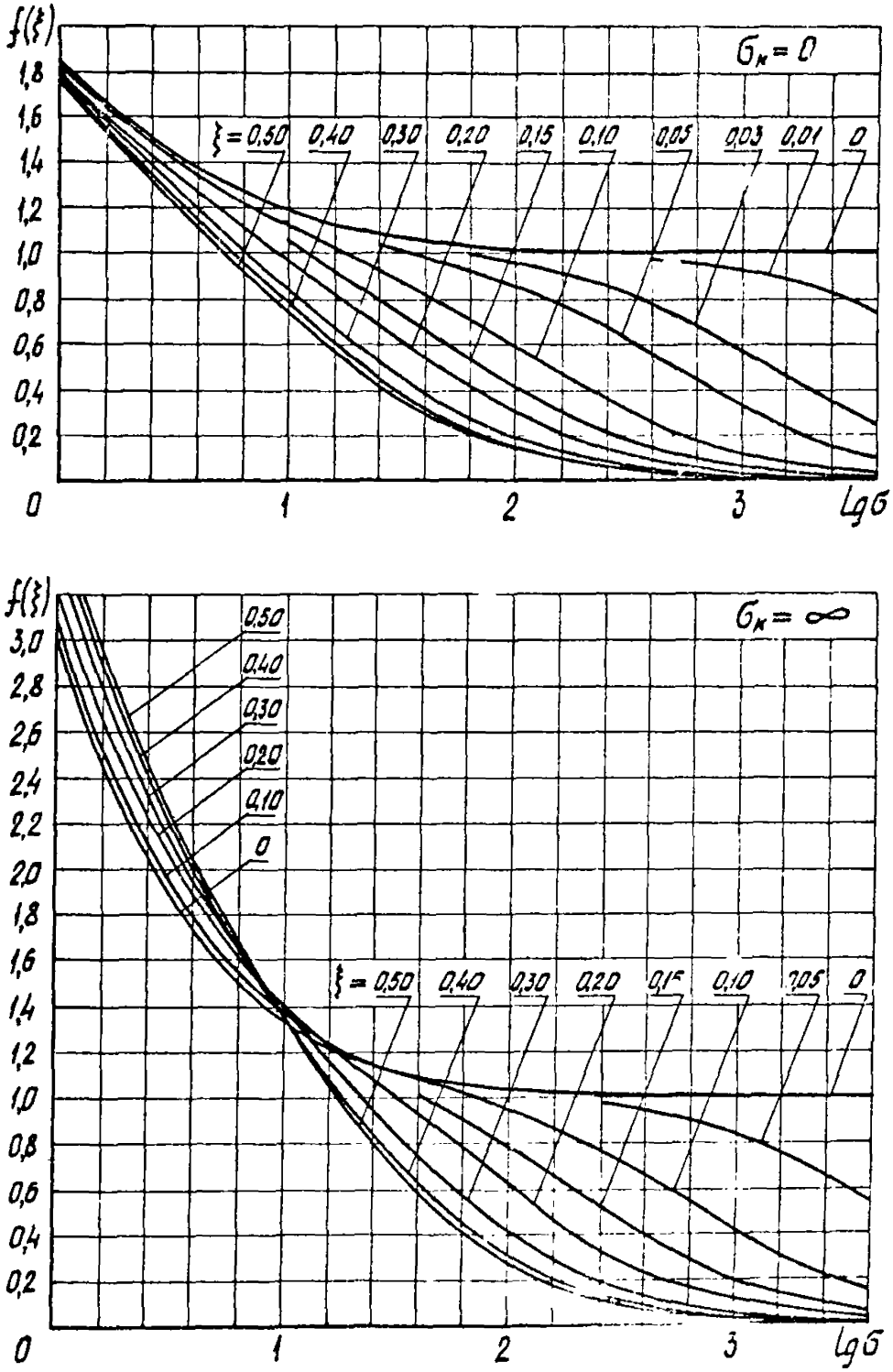


Рис.5.II. Графики изменения функции жесткости $f(\xi)$ проводника в зависимости от $lg\,б$ и координаты ξ точки приложения силы для значений параметра $б_к = 0$ и $б_к = \infty$

[illegible]

для коробчатых проводников

$[\sigma_u]$ =230МПа (2300кГ/см^2) - для стали Ст 3 Пс,

$[\sigma_u]$ =350МПа (3500кГ/см^2) - для сталей 10ХСНД и 15ХСНД.

Допустимые скорость и масса сосуда по фактору прочности:

$$[V_n] = V\sqrt{\frac{[\sigma_u]}{\sigma_u}}, \frac{м}{с}; \quad [m_n] = m\frac{[\sigma_u]}{\sigma_u}, кг.$$

5.7.1.6. Допустимые скорость и масса сосуда:

$$[V] = min\{[V_y],[V_u],[V_n]\}, \frac{м}{с}; \quad [m] = min\{[m_y],[m_u],[m_n]\}, кг.$$

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 вес 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 зацелок определяются по формуле:

$$t_p = t\,\frac{1+\cos\omega_p}{2\cos\omega_p},\ м, \qquad (5.III)$$

где t - значения глубин зацелок, определяемые из выражений (5.II2), (5.II8) и (5.I20) в зависимости от типа и схемы закрепления расстрельной балки, м;

ω_p - угол между продольной осью расстрельной балки и нормалью к поверхности крепи ствола в месте зацелки, град.

Глубину зацелок концов расстрелов принимать не менее:

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

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

t_p =0,45м - для консольных одинарных расстрелов;

t_p =0,40м - для консольных П-образных расстрелов;

t_p =0,25м - для расстрелов лестничного отделения и упоров.

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

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

5.8.I. Консольные расстрелы.

Рассматриваются расстрелы, изготовленные из двутавровых балок с горизонтально или вертикально расположенными стойками и балок коробчатого профиля (рис.5.I2). Другие возможные конструкции расстрелов можно свести к указанным. Так, например, расстрелы, выполненные в виде спаренных двутавров, следует рассматривать как одинарную двутавровую балку.

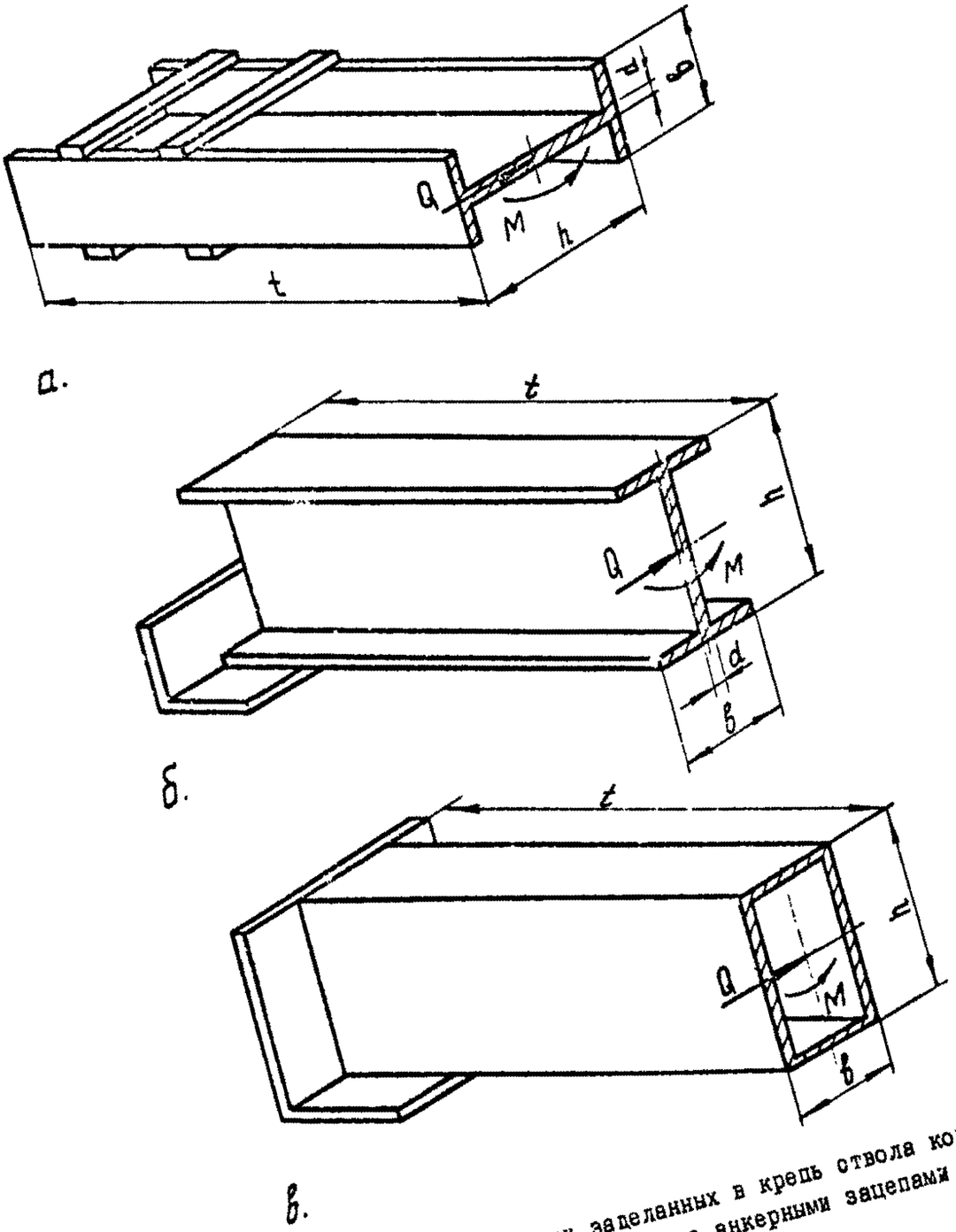


Рис.5.12. Конструкции заделанных в крепь ствола концов расстрельных балок с анкерными зацепами

Глубина зацелки t определяется по формуле:

$$t = 0{,}8\left[\frac{Q}{R} + \sqrt{\left(\frac{Q}{R}\right)^2 + \frac{3Ql}{R}}\right], \text{ м}, \qquad (5.II2)$$

где Q – действующая на расстрел горизонтальная нагрузка :

для одинарного расстрела

$$Q = \max[(Q^{A}\sin\omega), (Q^{Б}\cos\omega)], \text{ Н}, \qquad (5.II3)$$

для П-образного расстрела

$$Q = \frac{1}{2} Q^{Б}\sin\omega, \text{ Н} \qquad (5.II4)$$

(Q^{A}, $Q^{Б}$ – перерезывающие силы на ярусе, определяемые в соответствии с п.5.7.I.3; ω – см.п.п.5.3.I.2 и 5.3.I.3);

l – плечо действующей силы:

$l = l_0 - \frac{r}{2} + H$ – для рельсового проводника,

$l = l_0 + \frac{2}{3}H$ – для проводника прямоугольного профиля,

(l_0 – длина балки одинарного или стойки П-образного расстрела от крепи ствола до подошвы проводника;

H и r см. п.5.3.I.2);

R – конструктивный параметр, зависящий от профиля расстрельной балки и ее положения:

для двутавровых балок с горизонтально расположенной стойкой (рис.5.I2а)

$$R = \sigma_0(2B + 0{,}25h - d)\cdot\frac{H}{M}, \qquad (5.II5)$$

для двутавровых балок с вертикально расположенной стойкой (рис.5.I2б)

$$R = \sigma_0 (h + 0{,}5\beta - 0{,}25d),\ \frac{H}{M}, \qquad (5.II6)$$

для балок коробчатого профиля (рис.5.I2в)

$$R = \sigma_0 (h + 0{,}25\beta),\ \frac{H}{M}. \qquad (5.II7)$$

Коэффициент 0,8 в формуле (5.II2) учитывает влияние на глубину зацелки анкерных зацепов, выполненных в виде наварных планок либо угольников.

В выражениях (5.II5) – (5.II7) обозначено:

σ_0 – расчетные сопротивления бетона для предельных состояний I группы, равные для бетонов марки М200 – 0,75 МПа (7,5 кГ/см^2); М300 – I,0 МПа (IOкГ/см^2); М400 – I,2 МПа (I2кГ/см^2);

h, β и d – геометрические размеры расстрелов, указанные на рис.5.I2.

5.8.2. Расстрельные балки, закрепленные с обоих концов.

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

5.8.2.I. Расстрелы, зацеланные в крепь ствола одним концом (рис.5.2, поз.2).

$$t = \sqrt{\beta_1^2 + \beta_2} + \beta_1,\ м. \qquad (5.II8)$$

Здесь:

$$\beta_1 = \frac{1}{R}\left[\frac{Q}{2l^3}(3a^2l - 2l^3 - a^3) - \frac{3\sigma_0 E J_z}{\tau l^3}\right]; \qquad (5.II9)$$

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

где Q = Q^1 - см.п.5.7.1.3;

l - длина расстрела, м;

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

τ = 10000 МПа (1000кГ/см^2) - коэффициент постели;

J_z - момент инерции сечения расстрельной балки относительно ее вертикальной оси, м^4;

R и σ_0 - см. п.5.8.1.

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

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

Здесь:

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

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).

$$t = \frac{2Q^1}{u \cdot \sigma_0} , \text{ м}. \qquad (5.122)$$

где Q^1 - горизонтальная нагрузка на ярусе, действующая в направлении продольной оси упора (см.п.5.7.1.3.), Н;

$Ц$ – внешний периметр поперечного сечения упора, м;

$б_о$ – см. п.5.8.1.

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

$$t = \frac{2Q^{б}}{Ц \cdot б_о}, \ м, \qquad (5.123)$$

где $Q^{б}$ – горизонтальная нагрузка на ярусе, действующая в направлении продольной оси расстрела (см.п.5.7.1.3), Н;

$Ц$ – внешний периметр поперечного сечения расстрела, м;

$б_о$ – 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.

Лобовая (боковая) жесткость направляющих устройств определяется из условия

$$C_р^{л} = max\left[C_{р,д}^{л(б)};\ C_{р,с}^{л(б)}\right], \ \frac{Н}{м}, \qquad (5.124)$$

но не менее 150 кН/м.

Здесь:

$C_{р,д}^{л(б)}$ и $C_{р,с}^{л(б)}$ – динамическая и статическая жесткости упругих элементов направляющих устройств:

$$C^{1}_{p.g} \geq 0{,}35\frac{mv^2}{h^2}, \frac{H}{M}; \qquad C^{б}_{p.g} \geq 0{,}175\frac{mv^2}{h^2}, \frac{H}{M} \qquad (5.125)$$

$$C^{1}_{p.c} \geq \zeta(m+m_{хк})\cdot 10^{-3}, \frac{H}{M}; \quad C^{б}_{p.c} \geq \zeta(m+m_{хк})\cdot 10^{-3}, \frac{H}{M}, \qquad (5.126)$$

где $m_{хк}$ – масса хвостового каната, кг;

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

$\zeta^{1} = 2$, $\zeta^{б} = 4{,}7$ – для одноканатного подъема и двухканатного подъема с расположением канатов в плоскости, перпендикулярной плоскости проводников;

$\zeta^{1} = \zeta^{б} = 3{,}3$ – для двухканатного подъема с расположением канатов в плоскости проводников;

$\zeta^{1} = 4{,}7$; $\zeta^{б} = 3{,}3$ – для четырехканатного подъема с расположением канатов в плоскости проводников;

$\zeta^{1} = 2$, $\zeta^{б} = 5{,}3$ – для четырехканатного подъема с расположением канатов в плоскости, перпендикулярной плоскости проводников.

Приложение I

НЕКОТОРЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ

П.I.I. 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.I.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.I.3. При $e < 0{,}1$ и $q > 0{,}96$ величины ρ^{λ} и ρ^{δ} могут быть приняты равными 0,95.

Если $e > 0{,}1$ и $q > 0{,}96$, то ρ^{δ} можно определить как меньшее из величин

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

не прибегая к определению корня кубического уравнения.

В тех случаях, когда какая-либо из величин λ_{φ}^2, λ_{ψ}^2, λ_{ϕ}^2 оказывается меньше единицы, значения ρ^{λ} и ρ^{δ} необходимо определять особенно тщательно, имея при этом в виду, что приближенное значение ρ^{λ} или ρ^{δ} равно соответственно λ_{φ}^2 или λ_{ψ}^2 (λ_{ϕ}^2).

П.I.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^{λ} меньше допустимого $[K^{\lambda}]$, то следует опреде-

лить $K_0^{\wedge}$, положив $\gamma^{\wedge}=0$. Если при этом $K_0^{\wedge} > [K^{\wedge}]$, 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

$$\gamma^{\wedge} = \frac{K_0^{\wedge} - [K^{\wedge}]}{\delta_{\varphi}^{\wedge} \cdot [K^{\wedge}]} . \qquad (II.I.2)$$

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_c =25400кг.

П.2.1.2. Масса груженого скипа - m =48500кг.

П.2.1.3. Максимальная скорость движения груженого скипа - V =14 м/с.

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

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

П.2.1.6. Тип проводников - сварной коробчатый профиль.

П.2.1.7. Ширина колеи - S =2,33м.

П.2.1.8. Вид крепления ствола - бетон.

П.2.1.9. Материал зацелок лунок - бетон М300.

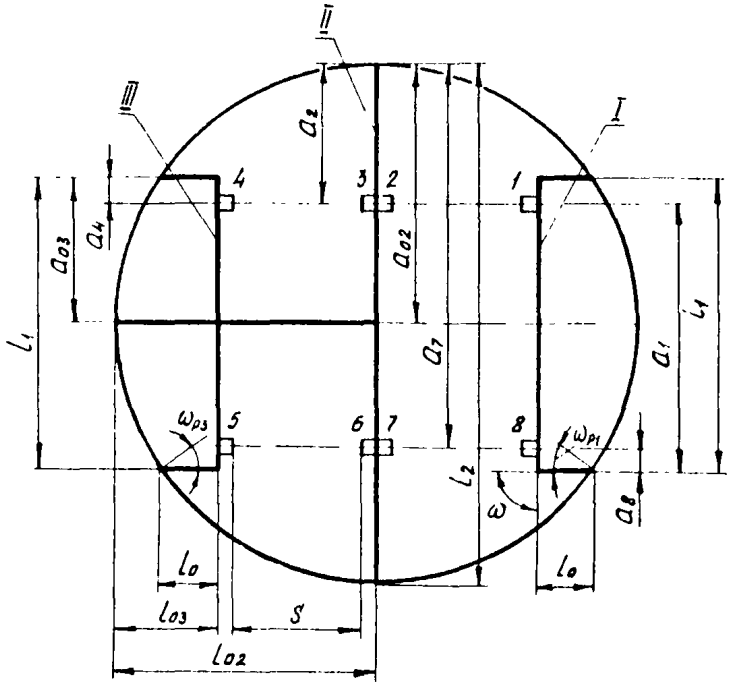
П.2.1.10. Схема армировки и ее основные геометрические размеры - см. рис.П.2.1.

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

П.2.2. Предварительный выбор основных параметров армировки.

П.2.2.1. Интенсивность подъемной установки:

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



$l_1 = l_3 = 4{,}5$ м, $a_4 = a_8 = 0{,}6$ м,

$l_2 = 8$ м, $a_7 = 5{,}65$ м,

$l_0 = 0{,}45$ м, $a_{02} = 4$ м,

$l_{02} = 4$ м, $a_{03} = 2{,}25$ м,

$l_{03} = 1{,}15$ м, $S = 2{,}33$ м,

$a_1 = 3{,}9$ м, $\omega = 90°$,

$a_2 = 2{,}35$ м, $\omega_{p1} = \omega_{p3} = 34°$.

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 угольников ∟ 200х200х16 ГОСТ 8509-72 (см. приложение 7), у которого

$$J^л = 59,1 \cdot 10^{-6} м^4 ; \qquad J^б = 64,24 \cdot 10^{-6} м^4 ;$$

$$W^л = 6,22 \cdot 10^{-4} м^3 ; \qquad W^б = 6,42 \cdot 10^{-4} м^3 .$$

П.2.2.5. Лобовая жесткость расстрелов $C_н^л$ ориентировочно определяется по номограмме рис.5.I в зависимости от h =6м,

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

и коэффициента номограммы $K_н^л = \frac{(mv^2)_н}{2(mv^2)_{расч}} = \frac{512 \cdot 10^5}{384,24 \cdot 10^5} = 1,33.$

Логарифм лобовой жесткости расстрелов $lg C_н^л$ = 3,367, откуда $C_н^л$ = 2320 кН/м,

П.2.2.6. Боковая жесткость расстрелов $C_н^б$ ориентировочно определяется по номограмме в зависимости от h 6м, $lg J^б =$

$= lg(64,24 \cdot 10^{-6} \cdot 10^8) = 3,808$, $(mv^2)_{расч} = 192,12 \cdot 10^5 \frac{кг \cdot м^2}{с^2}$

и коэффициента номограммы

$$k_н^б = \frac{(mv^2)_н}{(mv^2)_{расч.}} = \frac{256 \cdot 10^5}{192,12 \cdot 10^5} = 1,33.$$

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

П.2.2.7. Моменты инерции сечений расстрелов $J_{н(л)}$ и $J_{н(б)}$ определяются по значениям $C_н^л$ и $C_н^б$ в зависимости от схемы яруса по формулам табл.5.I:

для расстрельной балки I (схема 4)

$$J_{н(л)}^5 = \frac{a_5^2 (l_5 - a_5)^2}{3 E l_5} C_н^л = \frac{0,6^2 (4,5-0,6)^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 4,5} \cdot 2320 \cdot 10^3 = 4,7\ 10^{-6}\ м^4,$$

где $l_5 = 4,5 м$; $a_5 = 0,6 м$;

$$J_{н(б)}^5 = \frac{l_{01}^3 \cdot l_{02}^3 \sin^2\omega_1 \sin^2\omega_2}{2,1 \cdot E (l_{01}^3 \sin^2\omega_1 + l_{02}^3 \sin^2\omega_2)} \cdot C_н^б =$$

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

где $l_{01} = l_{02} = 0,45 м$; $\omega_1 = \omega_2 = 90°$;

для расстрельной балки II (схема 2)

$$J_{н(л)}^2 = \frac{a_2^3 (l_2 - a_2)^3}{3 E l_2^3} \cdot C_н^л = \frac{2,35^3 (8-2,35)^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 8^3} \cdot 2320 \cdot 10^3 =$$

$$= 1,33 \cdot 10^{-6}\ м^4,$$

где $l_2 = 8 м$; $a_2 = 2,35 м$;

$$J^2_{н(б)} = \frac{(H+0{,}06)^2}{9EL_2}[l_2^2 - 3a_2(l_2 - a_2)]C^б_н =$$

$$= \frac{(0{,}19+0{,}06)^2}{9\cdot 2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 8}[8^2 - 3\cdot 2{,}35(8-2{,}35)]\cdot 845\cdot 10^3 = 0{,}089\cdot 10^{-6}\,м^4,$$

где $H = 0{,}19м$ – 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 ГОСТ85I0-72, имеющий $J_z = 8{,}40\cdot 10^{-6}$ м^4, $W_z = 1{,}62\cdot 10^{-4}$м^3, $F = 52{,}7\cdot 10^{-4}$м^2.

П.2.3. Жесткостные характеристики расстрельных балок.

П.2.3.I. Лобовая жесткость.

П.2.3.I.I. Расстрел I, проводники I,8 (расчетная схема рис.5.3б).

Жесткость определяется по формуле (5.I4):

$$C^л_1 = C^л_8 = \frac{E}{\frac{a_1^2(l_1-a_1)^2}{3J_z l_1} + \frac{nl_0}{F_0 l_1^2}[(l_1-a_1)^2 + a_1^2]} =$$

$$= \frac{2\cdot 10^5\cdot 10^6}{\frac{3{,}9^2(4{,}5-3{,}9)^2}{3\cdot 8{,}4\cdot 10^{-6}\cdot 4{,}5} + \frac{2{,}1\cdot 0{,}45}{52{,}7\cdot 10^{-4}\cdot 4{,}5^2}[(4{,}5-3{,}9)^2 + 3{,}9^2]} =$$

$$= 4130\cdot 10^3\,\frac{Н}{м} = 4130\,\frac{кН}{м},$$

где $l_1 = 4{,}5м$; $a_1 = 3{,}9м$; $l_0 = 0{,}45м$; $J_2 = 8{,}4\cdot 10^{-6}м$;

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

$$n = 1 + \frac{1}{2l_0} = 1 + \frac{1}{2\cdot 0{,}45} = 2{,}1.$$

П.2.3.I.2. Расстрел П, проводники 2, 3, 6, 7.

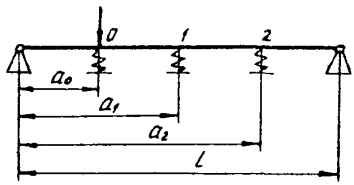


Рис.П.2.2. Расчетная схема

$l = l_2 = 8\,м$;
$a_0 = a_2 = 2{,}35\,м$;
$a_1 = a_{02} = 4\,м$;
$a_2 = a_7 = 5{,}65\,м$;
$l_0 = l_{02} = 4\,м$;
$J_z = J_{z0} = 8{,}4 \cdot 10^{-6}\,м^4$;
$F = F_0 = 52{,}7 \cdot 10^{-4}\,м^2$.

$$C_2^{\wedge} = C_3^{\wedge} = C_6^{\wedge} = C_7^{\wedge} = \frac{K}{\delta_{00} - \delta_{01}X_1 - \delta_{02}X_2} + \frac{8EJ^{\wedge}}{h^3}, \ \frac{H}{м},$$

$$\left.\begin{aligned} (\Delta_1 + \delta_{11})X_1 + \delta_{12}X_2 &= \delta_{10}, \\ \delta_{21}X_1 + (\Delta_2 + \delta_{22})X_2 &= \delta_{20}, \end{aligned}\right\}$$

$$\Delta_1 = \frac{nl_0}{EF_0} = \frac{1{,}125 \cdot 4}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 52{,}7 \cdot 10^{-4}} = 0{,}00427 \cdot 10^{-6}\,\frac{м}{H},$$

где $n = 1 + \frac{1}{2l_0} = 1 + \frac{1}{2 \cdot 4} = 1{,}125.$

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

$\delta_{ij} = \frac{a_i^2(l-a_j)^2}{3EJ_z l}, \frac{м}{H}$, откуда

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

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

$$\delta_{ij}=\frac{a_i(l-a_j)[l^2-a_i^2-(l-a_j)^2]+(a_i-a_j)^3 l}{6EJ_z l},\ \frac{м}{Н}\ ,$$ откуда

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

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

Подотавим полученные значения в систему уравнений:

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

откуда $X_1=0{,}888$, $X_2=-0{,}14.$

$$C_2^{\wedge}=C_3^{\wedge}=C_6^{\wedge}=C_7^{\wedge}=\frac{2\cdot 10^6}{4{,}372-4{,}951\cdot 0{,}888+3{,}626\cdot 0{,}14}+$$

$$+\frac{8\cdot 2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 59{,}1\cdot 10^{-6}}{6^3}=4784000\ \frac{Н}{м}=4784\ \frac{кН}{м}.$$

П.2.3.I.3. Рассотрел Ш, проводники 4,5.

Расчетная схема рис.5.3б. Учитывая наличие упора, принимаем длину рассотрела $l_3=a_{03}$, а длину его стоек $l_{01}=l_0$ и $l_{02}=l_{03}$ Жесткость определяем по формуле (5.I3):

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

$$= \frac{2\cdot 10^5 \cdot 10^6}{\frac{0{,}6^2(2{,}25-0{,}6)^2}{3\cdot 8{,}4\cdot 10^{-6}\cdot 2{,}25} + \frac{2{,}1[(2{,}25-0{,}6)^2\cdot 0{,}45]+[0{,}6^2\cdot 1{,}15]1{,}4}{52{,}7\cdot 10^{-4}\cdot 2{,}25^2}} =$$

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

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

$l_{02} = l_{03} = 1{,}15\,м$; $\omega_1 = \omega_2 = 90^0$; $n_1 = 2{,}1$; $n_2 = 1 + \frac{1}{2\cdot 1{,}15} = 1{,}4$.

П.2.3.I.4. Средние любовые жесткости расстрелов для обеих ниток проводников каждого раздела:

$$C^{\Lambda}_{1,2} = C^{\Lambda}_{7,8} = \sqrt{C^{\Lambda}_1 \cdot C^{\Lambda}_2} = \sqrt{4130\cdot 4784} = 4445 \frac{кН}{м};$$

$$C^{\Lambda}_{3,4} = C^{\Lambda}_{5,6} = \sqrt{C^{\Lambda}_3 \cdot C^{\Lambda}_4} = \sqrt{4784\cdot 11490} = 7414 \frac{кН}{м}.$$

П.2.3.2. Боковая жесткость.

П.2.3.2.I. Расстрелы I и III, проводники I,4,5,8.

Расчетная схема рис.5.3г. Жесткость определяется по формуле (5.I9):

$$C^{\delta}_1 = C^{\delta}_4 = C^{\delta}_5 = C^{\delta}_8 = \frac{E}{\frac{a_1(l_1-a_1)}{l_1 F} + \frac{l_0^3}{4{,}2\cdot J_{10}} + \frac{d^2}{3\cdot J_2 l_1}[l_1(l_1-3a_1)+3a_1^2]+\Phi} =$$

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

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

где $J_{z0} = J_z = 8{,}4 \cdot 10^{-6}\ м^4$; $l_1 = 4{,}5\ м$; $l_0 = 0{,}45\ м$;

$a_1 = 3{,}9\ м$; $\Phi = 300\ м^{-1}$; $d = \delta + \frac{2}{3}H =$

$= 0{,}062 + \frac{2}{3}0{,}19 = 0{,}189\ м.$

П.2.3.2.2. Расстрел П, проводники 2, 3, 6, 7.

Расчетная схема рис.5.3в. Жесткость определяется по формуле (5.I5):

$$C_2^\delta = C_3^\delta = C_6^\delta = C_7^\delta = \frac{k E}{\frac{a_7(l_2 - a_7)}{l_2 F} + \frac{d^2}{3 J_2 l_2}[l_2(l_2 - 3a_7) + 3a_7^2] + \Phi} =$$

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

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

где $l_2 = 8\ м$; $a_7 = 5{,}65\ м$; $F = 52{,}7 \cdot 10^{-4}\ м^2$

П.2.4. Инерциальные характеристики груженого окипа.

П.2.4.I. Исходные данные для расчета.

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

$m_1 = 6\,760\ кг$; $m_2 = 3550\ кг$; $m_3 = 2900\ кг$; $m_4 = 10\,950\ кг$;

$m_5 = 1\,240\ кг$; $m_{гр} = 23\,100\ кг$; $m_c = 25\,400\ кг$; $m = 48\,500\ кг$;

$L = 10{,}69\ м$; $l_1 = 0{,}68\ м$; $l_2 = 1{,}64\ м$; $h_1 = 0{,}7\ м$;

$h_2 = 0{,}5\ м$; $h_3 = 12{,}2\ м$; $h_4 = 6{,}22\ м$; $h_5 = 3{,}63\ м$;

$h_7 = 2{,}65\ м$; $h_6 = h_4 - h_7 = 6{,}22 - 2{,}65 = 3{,}57\ м$; $M = 2{,}2\ м$;

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

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

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

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

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

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

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

$$A_4 = m_4(l_2 + 0{,}5\cdot h_4) = 10950(1{,}64 + 0{,}5\ 6{,}22) = 52{,}01\cdot 10^3 \text{ кг}\cdot\text{м};$$

$$A_5 = m_5(l_2 + h_4 + 0{,}5\,h_5) = 1240(1{,}64 + 6{,}22 + 0{,}5\ 3{,}63) = 12\cdot 10^3 \text{ кг}\cdot\text{м};$$

$$A_6 = m_6(l_2 + h_7 + 0{,}5h_6) = 16850(1{,}64 + 2{,}65 + 0{,}5\cdot 3{,}57) = 102{,}4\cdot 10^3 \text{ кг}\cdot\text{м};$$

$$A_7 = m_7(l_2 + 0{,}67\cdot h_7) = 6250(1{,}64 + 0{,}67\cdot 2{,}65) = 21{,}35\cdot 10^3 \text{ кг}\cdot\text{м}.$$

Координата центра масс груженого 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 груженого скипа относительно его центральных осей.

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

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

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

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

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

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

Верхний пояс.

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

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

$$J_{\theta 1} = 0,083 \cdot 6760\,(2,2^2 + 2,8^2) = 5684\ кг \cdot м^2.$$

Нижний пояс.

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

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

$$J_{\theta 2} = 0,383 \cdot 3550 \cdot (2,2^2 + 2,1^2) = 2727\ кг \cdot м^2$$

Вертикальные стойки рамы.

$$J_{\varphi 3} = 2900(0{,}083 \cdot 12{,}2^2 + 0{,}25 \cdot 2{,}2^2 + 0{,}15^2) = 39400 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\psi 3} = 2900(0{,}083 \cdot 12{,}2^2 + 0{,}15^2) = 35890 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\theta 3} = 0{,}25 \cdot 2900 \cdot 2{,}2^2 = 3509 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Кузов.

$$J_{\varphi 4} = 10950 \left\{ \frac{0{,}083[6{,}22^3(2{,}2+2{,}8) + 2{,}2 \cdot 6{,}22(3 \cdot 2{,}8 \cdot 6{,}22 + 3 \cdot 2{,}2 \cdot 2{,}8 + 2{,}2^2) + 2{,}2^3 \cdot 2{,}8]}{2{,}8 \cdot 6{,}22 + 2{,}2(2{,}8 + 6{,}22)} + 1{,}2^2 \right\} = 71070 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\psi 4} = 10950 \left\{ \frac{0{,}083[6{,}22^3(2{,}2+2{,}8) + 2{,}8^3(6{,}22+2{,}2) + 3 \cdot 2{,}2 \cdot 2{,}8 \cdot 6{,}22 \times (2{,}8+6{,}22)]}{2{,}8 \cdot 6{,}22 + 2{,}2(2{,}8+6{,}22)} + 1{,}2^2 \right\} = 74910 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\theta 4} = 10950 \left\{ \frac{0{,}083[3 \cdot 2{,}2^2 \cdot 2{,}8 \cdot 6{,}22(2{,}2+2{,}8) + 2{,}2^3(2{,}8+6{,}22) + 2{,}8^3(2{,}2+6{,}22)]}{2{,}8 \cdot 6{,}22 + 2{,}2(2{,}8+6{,}22)} \right\} = 20870 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Кожух.

$$J_{\varphi 5} = 1240 \left\{ \frac{0{,}083[3{,}63^3(2{,}2+2{,}8) + 2{,}2 \cdot 3{,}63(3 \cdot 2{,}8 \cdot 3{,}63 + 3 \cdot 2{,}2 \cdot 2{,}8 + 2{,}2^3) + 2{,}2^3 \cdot 2{,}8]}{2{,}8 \cdot 3{,}63 + 2{,}2(2{,}8+3{,}63)} + 3{,}81^2 \right\} = 20460 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\psi 5} = 1240 \left\{ \frac{0{,}083[3{,}63^3(2{,}2+2{,}8) + 2{,}8^3(2{,}2+3{,}63) + 3 \cdot 2{,}2 \cdot 2{,}8 \cdot 3{,}63 \times (2{,}8+3{,}63)]}{2{,}8 \cdot 3{,}63 + 2{,}2(2{,}8+3{,}63)} + 3{,}81^2 \right\} = 21380 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\theta 5} = 1240\left\{\frac{0{,}083[3\cdot 2{,}2\cdot 2{,}8\cdot 3{,}63(2{,}2+2{,}8)+2{,}2^3(2{,}8+3{,}63)+}{2{,}8\cdot 3{,}63+2{,}2(2{,}8+3{,}63)}\right.$$

$$\left.\frac{+2{,}8^3(2{,}2+3{,}63)]}{}\right\} = 2420\ кг\cdot м^2.$$

Груз, расположенный в части кузова с постоянным поперечным сечением.

$$J_{\varphi 6} = 16850[0{,}083(2{,}2^2+3{,}67^2)+0{,}13^2] = 24880\ кг\cdot м^2;$$

$$J_{\psi 6} = 16850[0{,}083(2{,}8^2+3{,}57^2)+0{,}13^2] = 29070\ кг\cdot м^2;$$

$$J_{\theta 6} = 0{,}083\cdot 16850(2{,}2^2+2{,}8^2) = 17730\ кг\cdot м^2.$$

Груз, расположенный в части кузова с переменным поперечным сечением.

$$J_{\varphi 7} = 6250[0{,}083\cdot 2{,}2^2+0{,}056\cdot 2{,}65^2+2{,}53^2] = 44970\ кг\cdot м^2;$$

$$J_{\psi 7} = 6250[0{,}083\cdot 2{,}8^2+0{,}056\cdot 2{,}65^2+2{,}53^2] = 46530\ кг\cdot м^2;$$

$$J_{\theta 7} = 0{,}083\cdot 6250(2{,}2^2+2{,}8^2) = 6578\ кг\cdot м^2.$$

Центральные моменты инерции груженого скипа:

$$J_{\varphi} = 238300+116900+39400+71070+20460+24880+44970 = 556000\ кг\cdot м^2;$$

$$J_{\psi} = 240000+116900+35890+74910+21380+29070+46530 = 564000\ кг\cdot м^2;$$

$$J_{\theta} = 5684+2725+3509+20870+2420+17730+6578 = 59520\ кг\cdot м^2.$$

П.2.5. Жесткостные характеристики скипа.

П.2.5.1. Моменты инерции поперечных сечений вертикальных стоек рамы скипа.

Вертикальные стойки рамы изготовлены из неравнобоких уголь-ников 200х125х16, имеющих следующие характеристики:

$$J_{y2}^{x}=617\,cm^4;\quad J_{y2}^{y}=2026\,cm^4;\quad F_{y2}=49{,}8\,cm^2;\quad X_0=6{,}71\,cm;\quad Y_0=2{,}99\,cm.$$

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):

$$J_{pn1}^{A}=J_{pn1}^{x}=4J_{y2}^{x}+4\cdot F_{y2}\cdot y_1^2=4\cdot 617+4\cdot 49{,}8\cdot 3{,}26^2=4585\,cm^4=45{,}85\cdot 10^{-6}\,m^4;$$

$$J_{pn1}^{B}=J_{pn1}^{y}=4\cdot J_{y2}^{y}+2\cdot F_{y2}\cdot X_1^2+2\cdot F_{y2}\cdot X_2^2=4\cdot 2026+2\cdot 49{,}8\cdot 23{,}21^2+$$
$$+2\cdot 49{,}8\cdot 29{,}79^2=150150\,cm^4=1501{,}5\cdot 10^{-6}\,m^4.$$

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:

$$y_c=\frac{2\cdot F_{y2}\cdot y_{c1}+2\cdot F_{y2}\cdot y_{c2}+F_{пл}\cdot y_{c3}}{4\cdot F_{y2}+F_{пл}}=$$

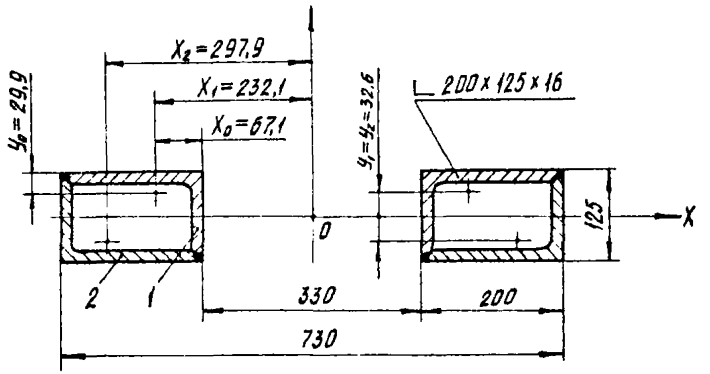
$$\frac{2\cdot 49{,}8\ 10{,}11+2\cdot 49{,}8\cdot 3{,}59+73\cdot 0{,}6\cdot 0{,}3}{4\cdot 49{,}8+73\cdot 0{,}6}=5{,}67\,cm.$$

Координата центров масс сечений элементов рамы:

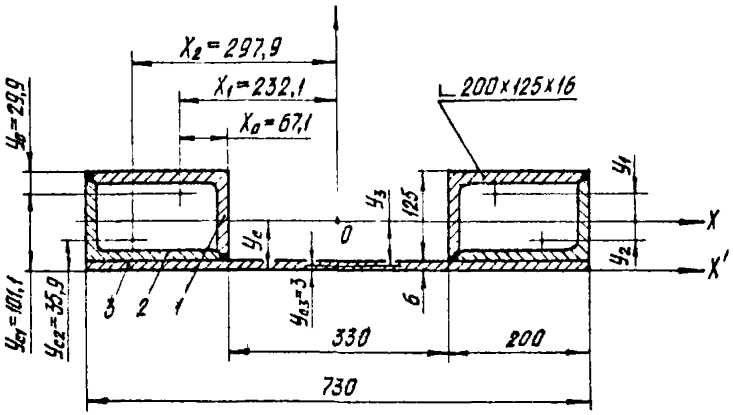
$$y_1=|y_c-y_{c1}|=|5{,}67-10{,}11|=4{,}44\,cm;$$

$$y_2=|y_c-y_{c2}|=|5{,}67-3{,}59|=2{,}08\,cm;$$

$$y_3=|y_c-y_{c3}|=|5{,}67-0{,}3|=5{,}37\,cm.$$



а.



б.

Рис. П.2.3. Поперечные сечения вертикальных стоек рамы окпа ниже (а) и выше (б) кузова

Моменты инерции поперечного сечения рамы:

$$J^{\wedge}_{рм2} = J^{x}_{рм2} = 4 \cdot J^{x}_{в2} + J^{x}_{пл} + 2 F_{в2} y_1^2 + 2 F_{в2} y_2^2 + F_{пл} y_3^2 =$$

$$= 4 \cdot 617 + \frac{73 \cdot 0{,}6^3}{12} + 2 \cdot 49{,}8 \cdot 4{,}44^2 + 2 \cdot 49{,}8 \cdot 2{,}08^2 + 73 \cdot 0{,}6 \cdot 5{,}37^2 =$$

$$= 6127\ см^4 = 61{,}27 \cdot 10^{-6}\ м^4 ;$$

$$J^{б}_{рм2} = J^{y}_{рм2} = 4 \cdot J^{y}_{в2} + J^{y}_{пл} + 2 \cdot F_{в2} \cdot x_1^2 + 2 \cdot F_{в2} \cdot x_2^2 =$$

$$= 4 \cdot 2026 + \frac{73^3 \, 0{,}6}{12} + 2 \cdot 49{,}8 \cdot 23{,}21^2 + 2 \cdot 49{,}8 \cdot 29{,}79^2 =$$

$$= 169600\ см^4 = 1696 \cdot 10^{-6}\ м^4 .$$

П.2.5.2. Лобовая жесткость экипа.

$$C_c^{1} = \frac{48 E J^{\wedge}_{рм1} (d_1 + d_2)}{(0{,}8 \cdot l_1)^3 d_2 \left[1 + \frac{d_1 l_2^3 J^{\wedge}_{рм1}}{d_2 (0{,}8 \cdot l_1)^3 J^{\wedge}_{рм2}} + \frac{48 E J^{\wedge}_{рм1} (d_1 + d_2)}{(0{,}8 \cdot l_1)^3 d_2} \delta_к^{1}\right]} =$$

$$= \frac{48 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 45{,}85 \cdot 10^{-6} (5{,}45 + 5{,}55)}{(0{,}8 \cdot 3{,}79)^3 \cdot 5{,}55 \left[1 + \frac{5{,}45 \cdot 3{,}64^3 \cdot 45{,}85 \cdot 10^{-6}}{5{,}55 (0{,}8 \cdot 3{,}79)^3 6127 \cdot 10^{-6}} + \frac{48 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 45{,}85 \cdot 10^{-6} (5{,}45 + 5{,}55) \cdot 2{,}5}{(0{,}8 \cdot 3{,}79)^3 \cdot 5{,}55 \cdot 10^9}\right]} =$$

$$= 13\,320\,000 \frac{Н}{м} = 13320 \frac{кН}{м} ,$$

где согласно п.5.5.I.2:

$$d_1 = z_c - h_2 = 5{,}95 - 0{,}5 = 5{,}45\ м ;$$

$$d_2 = h_3 - z_c - h_1 = 12{,}2 - 5{,}95 - 0{,}7 = 5{,}55\ м ;$$

$$l_1 = l_4 + h_1 - h_2 = 1{,}64 + 2{,}65 - 0{,}5 = 3{,}79\ м ;$$

$$l_2 = h_3 - l_4 - h_4 - h_1 = 12{,}2 - 1{,}64 - 6{,}22 - 0{,}7 = 3{,}64\ м ;$$

$\delta_к^{л(б)}$ = 2,5.10^{-6} м/кН=2,5.10^{-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 окипа.

$$C_c^{б} = \frac{12 E J_{рп1}^{б} (d_1 + d_2)}{(0{,}8 \cdot l_1)^3 d_2 \left[1 + \frac{d_1 l_2^3 J_{рп1}^{б}}{d_2 (0{,}8 \cdot l_1)^3 J_{рп2}^{б}} + \frac{12 E J_{рп1}^{б} (d_1 + d_2)}{(0{,}8 \cdot l_1)^3 d_2} \delta_к^{б}\right]} =$$

$$= \frac{12 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 1501{,}5 \cdot 10^{-6} (5{,}45 + 5{,}55)}{(0{,}8 \cdot 3{,}79)^3 5{,}55 \left[1 + \frac{5{,}45 \cdot 3{,}64^3 \cdot 1501{,}5 \cdot 10^{-6}}{5{,}55 (0{,}8 \cdot 3{,}79)^3 \cdot 1696 \cdot 10^{-6}} + \frac{12 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 1501{,}5 \cdot 10^{-6} (5{,}45 + 5{,}55) 2{,}5}{(0{,}8 \cdot 3{,}79)^3 \cdot 5{,}55 \cdot 10^9}\right]} =$$

$$= 81\,380\,000 \frac{Н}{м} = 81\,380 \frac{кН}{м}.$$

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.I. Проверка запаса устойчивости по отношению к лобовым колебаниям.

Коэффициент относительной жесткости армировки:

$$\gamma^{л} = \frac{C^{л}}{C_c^{л}} = \frac{4445}{13320} = 0{,}334.$$

Обобщенный безразмерный параметр лобовой жесткости армировки:

$$\sigma^{\Lambda}=\frac{C^{\Lambda}h^{3}}{6EJ^{\Lambda}}=\frac{4445\cdot10^{3}\cdot6^{3}}{6\cdot2\cdot10^{5}\cdot10^{6}\cdot59{,}1\cdot10^{-6}}=13{,}54.$$

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

$$\sigma^{\Lambda}_{экв}=\frac{\sigma^{\Lambda}}{1+\gamma^{\Lambda}}=\frac{13{,}54}{1+0{,}334}=10{,}15.$$

Параметр демультипликационного резонанса μ^{Λ}. Определяется из графика рис.5.7 в зависимости от $\lg\sigma^{\Lambda}_{экв}=\lg 10{,}15=1{,}01$:

$$\mu^{\Lambda}=0{,}525$$

Допустимый запас устойчивости:

$$[K^{\Lambda}]=3{,}75(1{,}3\cdot\mu^{\Lambda}-0{,}21)=3{,}75(1{,}3\cdot0{,}525-0{,}21)=1{,}77.$$

Мультипликатор частот поворотных лобовых колебаний:

$$\lambda^{2}_{\varphi}=\frac{mL^{2}}{4J_{\varphi}}=\frac{48500\cdot10{,}69^{2}}{4\cdot556000}=2{,}49.$$

Эксцентриситет центра масс груженого 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:

$$\rho^{\Lambda}=\frac{1}{2}\left\{1+\lambda^{2}_{\varphi}(1+e^{2})-\sqrt{[1+\lambda^{2}_{\varphi}(1+e^{2})]^{2}-4\cdot\lambda^{2}_{\varphi}}\right\}=$$

$$=\frac{1}{2}\left\{1+2{,}49(1+0{,}014^{2})-\sqrt{[1+2{,}49(1+0{,}014^{2})]^{2}-4\cdot2{,}49^{2}}\right\}=1{,}0.$$

Относительная средняя лобовая жесткость проводников:

$$\varepsilon^{\Lambda}=\frac{\varepsilon^{\Lambda}_{ср}}{1+\gamma^{\Lambda}\varepsilon^{\Lambda}_{ср}}=\frac{0{,}85}{1+0{,}334\cdot0{,}85}=0{,}662,$$

где $\varepsilon^{\Lambda}_{ср}=0{,}85$ – определяется из графика рис.5.8 в зависимости от $\lg\sigma^{\Lambda}=\lg 13{,}54=1{,}132$.

Действительный запас устойчивости:

$$K^{\Lambda}=\frac{C^{\Lambda}\delta^{\Lambda}\rho^{\Lambda}h^{2}}{2\pi^{2}(k_{\rho}\mu^{\Lambda})^{2}(mv^{2})}=\frac{4445\cdot10^{3}\cdot0,682\cdot1,0\cdot6^{2}}{2\pi^{2}(0,85\cdot0,525)^{2}\,48500\cdot14^{2}}=2,83>[K^{\Lambda}].$$

Допустимые скорость движения и масса окипа по отношению к лобовым колебаниям:

$$[V^{\Lambda}]=V\sqrt{\frac{K^{\Lambda}}{[K^{\Lambda}]}}=14\sqrt{\frac{2,83}{1,77}}=17,7\ \frac{м}{с};$$

$$[m^{\Lambda}]=m\,\frac{K^{\Lambda}}{[K^{\Lambda}]}=48500\,\frac{2,83}{1,77}=77500\ кг.$$

П.2.6.2. Проверка запаса устойчивости по отношению к боковым колебаниям.

Коэффициенты относительной жесткости армировки:

$$\gamma_{1}^{\delta}=\frac{C_{1}^{\delta}}{C_{c}^{\delta}}=\frac{27970}{81380}=0,344;\qquad \gamma_{2}^{\delta}=\frac{C_{2}^{\delta}}{C_{c}^{\delta}}=\frac{55130}{81380}=0,677.$$

Обобщенные безразмерные параметры боковой жесткости армировки:

$$G_{1}^{\delta}=\frac{C_{1}^{\delta}h^{3}}{6EJ^{\delta}}=\frac{27970\cdot10^{3}\cdot6^{3}}{6\cdot2\cdot10^{5}\cdot10^{6}\cdot64,24\cdot10^{-6}}=78,37;$$

$$G_{2}^{\delta}=\frac{C_{2}^{\delta}h^{3}}{6EJ^{\delta}}=\frac{55130\cdot10^{3}\cdot6^{3}}{6\cdot2\cdot10^{5}\cdot10^{6}\cdot64,24\cdot10^{-6}}=154,5.$$

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

$$G_{1\text{экв}}^{\delta}=\frac{G_{1}^{\delta}}{1+\gamma_{1}^{\delta}}=\frac{78,37}{1+0,344}=58,31,\qquad \lg G_{1\text{экв}}^{\delta}=1,77;$$

$$G_{2\text{экв}}^{\delta}=\frac{G_{2}^{\delta}}{1+\gamma_{2}^{\delta}}=\frac{154,5}{1+0,677}=92,13,\qquad \lg G_{2\text{экв}}^{\delta}=1,96.$$

Параметр демультипликационного резонанса – μ^{δ}. Определяется из графика рис.5.7 в зависимости от $\lg(G_{\text{экв}}^{\delta})_{min}=\lg G_{1\text{экв}}^{\delta}=1,77$:

$$\mu^{\delta}=0,62.$$

Допустимый запас устойчивости :

$$[K^{\delta}] = 3{,}75(1{,}3\cdot\mu^{\delta} - 0{,}21) =$$

$$= 3{,}75(1{,}3\cdot 0{,}62 - 0{,}21) = 2{,}23.$$

Относительные средние боковые жесткости проводников:

$$\varepsilon_1^{\delta} = \frac{\varepsilon_{1\varphi}^{\delta}}{1+\gamma_1^{\delta}} = \frac{0{,}50}{1+0{,}344} = 0{,}37\ ;$$

$$\varepsilon_2^{\delta} = \frac{\varepsilon_{2\varphi}^{\delta}}{1+\gamma_2^{\delta}} = \frac{0{,}39}{1+0{,}677} = 0{,}23\ ,$$

где $\varepsilon_{1\varphi}^{\delta}$ =0,50, $\varepsilon_{2\varphi}^{\delta}$=0,39 - определяются из графика рис. 5.8 в зависимости от значений $lg\sigma_{экв}^{\delta}$.

Коэффициенты неоднородности упругих характеристик проводников:

$$q = 1 - \left(\frac{\sigma_2^{\delta}\varepsilon_2^{\delta} - \sigma_1^{\delta}\varepsilon_1^{\delta}}{\sigma_2^{\delta}\varepsilon_2^{\delta} + \sigma_1^{\delta}\varepsilon_1^{\delta}}\right)^2 = 1 - \left(\frac{154{,}5\cdot 0{,}23 - 78{,}37\cdot 0{,}37}{154{,}5\cdot 0{,}23 + 78{,}37\cdot 0{,}37}\right)^2 = 0{,}99.$$

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 - ρ^{δ} . Определяется как наименьший корень кубического уравнения:

$$\rho^3 - \rho^2[\lambda_{\psi}^2(1+e^2) + \lambda_{\phi}^2 + 1] + \rho[\lambda_{\psi}^2\lambda_{\phi}^2(1+e^2 q) + \lambda_{\phi}^2 q + \lambda_{\psi}^2] - \lambda_{\psi}^2\lambda_{\phi}^2 q = 0,$$

$$\rho^3 - \rho^2[2{,}45(1+0{,}014^2) + 1{,}10 + 1] + \rho[2{,}45\cdot 1{,}10(1+0{,}014^2\cdot 0{,}99) +$$

$$+ 1{,}10\cdot 0{,}99 + 2{,}45] - 2{,}45\cdot 1{,}10\cdot 0{,}99 = 0\ ;$$

$$\rho^3 - 4{,}55\rho^2 + 6{,}235\rho - 2{,}668 = 0.$$

Кубическое уравнение целесообразно решать методом последовательного приближения путем подстановки значений ρ, приняв первоначальное его значение равным I,0, либо по итерационной формуле Ньютона, приведенной ниже :

$$\rho_{n+1} = \rho_n - \frac{F(\rho_n)}{F'(\rho_n)}, \qquad (а)$$

где $F(\rho_n) = \rho_n^3 - 4{,}55\rho_n^2 + 6{,}235\rho_n - 2{,}668$; (б)

$F'(\rho_n) = 3\rho_n^2 - 2\cdot 4{,}55\rho_n + 6{,}235$; (в)

ρ_n – n- ое приближение корня.

В нашем случае в качестве первого приближения следует брать $\rho_1 = I$, затем по формулам (б) и (в) найти $F(I)$ и $F'(I)$ и вычислить второе приближение корня ρ_2 по формуле (а).

Число необходимых итераций определяется требованием, чтобы разность между предыдущим и последующим значениями корня не превышала 0,0I.

Обычно достаточно трех-четырех итераций.

В рассматриваемом примере:

$$F(1) = 0{,}017\,, \qquad F'(1) = 0{,}135\,, \qquad \rho_2 = 1 - \frac{0{,}017}{0{,}135} = 0{,}874\,;$$

$$F(0{,}874) = -0{,}0266\,, \quad F'(0{,}874) = 0{,}573\,, \quad \rho_3 = 0{,}874 + \frac{0{,}0266}{0{,}573} = 0{,}92 \text{ и т.д.}$$

После четвертой итерации получим значение корня с требуемой точностью: $\rho_1 = 0{,}93$.

Для нахождения двух других корней разделим многочлен на двучлен:

$$\begin{array}{l|l}
\rho^3 - 4{,}55\rho^2 + 6{,}235\rho - 2{,}668 & \rho - 0{,}93 \\
\underline{\rho^3 - 0{,}93\rho^2} & \\
-3{,}62\rho^2 + 6{,}235\rho & \rho^2 - 3{,}62\rho + 2{,}868 \\
\underline{-3{,}62\rho^2 + 3{,}367\rho} & \\
2{,}868\rho - 2{,}668 & \\
\underline{2{,}868\rho - 2{,}667} &
\end{array}$$

Решая квадратное уравнение

$$\rho^2 - 3{,}62\rho + 2{,}868 = 0$$, получим $\rho_2 = 1{,}17$, $\rho_3 = 2{,}45$.

Таким образом, $\rho^{\delta} = \rho_1 = 0{,}93$.

Действительный запас устойчивости:

$$K^{\delta} = \frac{h^2 \rho^{\delta} (C_1^{\delta} \varepsilon_1^{\delta} + C_2^{\delta} \varepsilon_2^{\delta})}{2\pi^2 (k_{\rho} \mu^{\delta})^2 (mV^2)} =$$

$$= \frac{6^2 \cdot 0{,}93 (27970 \cdot 0{,}37 + 55130 \cdot 0{,}23) \cdot 10^3}{2\pi^2 (0{,}85 \cdot 0{,}62)^2 \cdot 48500 \cdot 14^2} = 14{,}79 > [K^{\delta}].$$

Допустимые скорость движения и масса экипа по отношению к боковым колебаниям:

$$[V^{\delta}] = V \sqrt{\frac{K^{\delta}}{[K^{\delta}]}} = 14 \sqrt{\frac{14{,}79}{2{,}23}} = 36{,}05 \ \frac{м}{с};$$

$$[m^{\delta}] = m \frac{K^{\delta}}{[K^{\delta}]} = 48500 \ \frac{14{,}79}{2{,}23} = 321\,700 \ кг.$$

П.2.6.3. Допустимые скорость движения и масса экипа:

$$[V] = \min \{[V^{\wedge}], [V^{\delta}]\} = [V^{\wedge}] = 17{,}1 \ \frac{м}{с};$$

$$[m] = \min \{[m^{\wedge}], [m^{\delta}]\} = [m^{\wedge}] = 77\,500 \ кг.$$

П.2.7. Проверочный расчет армировки на горизонтальные нагрузки.

Для удобства расчет сводим в табл.П.2.I.

Таблица П.2.I.

Наименование параметров	Ед. изм.	Результаты расчета			
		Лоб.		Бок.	
		пр.I	пр.2	пр.I	пр.2
I	2	3	4	5	6
Исходные данные					
Масса груженого скипа, m.	кг	48500			
Скорость движения, V. . . .	м/с	I4			
Шаг армировки, h	м	6			
Жесткость расстрела, $C^{\Lambda(\delta)}$. . .	кН/м	4I30	4764	27970	55I30
Параметр $\delta^{\Lambda(\delta)}$	–	I2,58	I4,57	78,37	I54,5
$\lg \delta^{\Lambda(\delta)}$	–	I,I	I,I6	I,89	2,I9
Параметр $\delta_к$	–	0			
Момент сопротивления проводника, $W^{\Lambda(\delta)}$	м^3	$6{,}22\cdot10^{-4}$		$6{,}42\cdot10^{-4}$	
Относительное искривление проводников, $\frac{\Delta}{\delta}$	–	0,25			
Зазор, δ	м	0,02			
Эксцентриситет скипа, e. .	–	0,0I4			
Коэффициент k_p	–	0,85			
Расчет нагрузок					
Коэф. $\Pi^{\Lambda(\delta)}$, см.табл.5.4	–	0,97		0,63	
$P^{\Lambda(\delta)} = \frac{2\pi^2 k_p^2 \delta (mV^2)}{h^2} \cdot \Pi^{\Lambda(\delta)}$	кН	73,I		47,5	
$\xi_p^{\Lambda(\delta)}$, см.рис.5.9	–	0,37		0,42	
$\beta_m^{\Lambda(\delta)}$, см.рис.5.I0.	–	0,I76		0,I65	
$\beta_Q^{\Lambda(\delta)}$, см.рис.5.I0.	–	0,68		0,66	0,69

Продолжение таблицы П.2.I

1	2	3	4	5	6
$M_p^{\Lambda(\delta)}=p^{\Lambda(\delta)}\cdot h\cdot\beta_M^{\Lambda(\delta)}$	кНм	77,2		47,0	
$Q^{\Lambda(\delta)}=p^{\Lambda(\delta)}\cdot\beta_Q^{\Lambda(\delta)}$	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. . . .	-	I,I6	I,I4	-	-
$f_p^{\Lambda}=\frac{p^{\Lambda}}{C^{\Lambda}\cdot f(\xi_p)}$	м	0,025	0,023	-	-
$f_0^{\Lambda}=\frac{Q^{\Lambda}}{C^{\Lambda}\cdot f(\xi_0)}$	м	0,0I	0,009	-	-
$[f]$	м	0,045			
$[V_n]$	м/с	I8,78	I9,58		
$[m_к]$	кг	87300	94890		
Напряжения в проводнике под силой					
$\sigma_u=\frac{M_0^{\Lambda(\delta)}}{W^{\Lambda(\delta)}}$	МПа	I24,I		73,2	
$[\sigma_u]$	МПа	350			
$[V_n]$	м/с	23,5		30,6	
$[m_n]$	кг	I37000		232000	

Допустимые скорость движения и масса сосуда:

$$[V]=\min\{[V_y],[V_n],[V_n]\}=17,7\ \frac{м}{с};\quad [m]=\min\{[m_y],[m_n],[m_n]\}=77500\ кг.$$

П.2.8. Глубины заделки концов расстрелов в крепь ствола.

Расчетные значения глубин заделок определяются по формуле (5.III):

$$t_p=t\,\frac{1+\cos\omega_p}{2\cdot\cos\omega_p},\ м.$$

II.2.8.I. Расстрел I.

Глубина заделки t определяется по формуле (5.II2):

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

где $Q = \frac{Q_2^6}{2} = \frac{32.8}{2} = 16{,}4$ кН;

$$l = l_0 + \frac{6}{2} + \frac{2}{3}H = 0{,}45 + \frac{0{,}104}{2} - \frac{2}{3}0{,}19 = 0{,}63 \text{ м};$$

$$R_0 = 6_0(h + 0{,}25B) = 10^6(0{,}17 + 0{,}25 \cdot 0{,}104) = 196000\ \frac{H}{м} = 196\ \frac{кН}{м}.$$

Здесь: 6_0 =I,0МПа - расчетное сопротивление бетона;

h , 6 - геометрические размеры расстрела (см.рис.5.I2в):

h = 0,I70м - высота расстрела,

6 = 0,I04м - 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 крепи ствола в месте заделки.

П.2.8.2. Расстрел П.

Глубина зацелки t определяется по формуле (5.II8):

$$t = \sqrt{\beta_1^2 + \beta_2} + \beta_1 \ , \ м.$$

Определяем коэффициенты β_i :

$$\beta_1 = \frac{1}{R}\left[\frac{Q}{2l^3}(3a^2l - 2l^3 - a^3) - \frac{3\sigma_0 E J_z}{\tau l^3}\right] =$$

$$= \frac{1}{196\cdot 10^3}\left[\frac{49{,}7\cdot 10^3}{2\cdot 4^3}(3\cdot 2{,}35^2\cdot 4 - 2\cdot 4^3 - 2{,}35^3) - \frac{3\cdot 10^6\cdot 2\cdot 10^{11}\cdot 8{,}4\cdot 10^{-6}}{10^{10}\cdot 4^3}\right] = -0{,}148;$$

$$\beta_2 = \frac{3Qa}{2Rl^2}(a^2 - 3al + 2l^2) = \frac{3\cdot 49{,}7\cdot 10^3\cdot 2{,}35}{2\cdot 196\cdot 10^3\cdot 4^2}(2{,}35^2 - 3\cdot 2{,}35\cdot 4 + 2\cdot 4^2) = 0{,}521,$$

где $Q = Q' = 49{,}7$ кН; $J_z = 8{,}4\cdot 10^{-6}$ м^4;

$l = a_{02} = 4$м – длина расстрела по упора (см.рис.П.I.I);

$a = a_1 = 2{,}35$м – расстояние по оси расстрела от крепи ствола до точки приложения нагрузки (по проводника);

$\tau = 10000 \frac{\text{кПа}}{\text{м}}$ – коэффициент постели;

R и σ_0 – см.п.П.2.8.I.

Подставив полученные коэффициенты в уравнение, получим:

$$t = \sqrt{(-0{,}148)^2 + 0{,}521} - 0{,}148 = 0{,}59\,м.$$

Так как $\omega_{p2} = 0$ $\quad t_p = t$.

П.2.8.3. Упор.

Глубина зацелки определяется по формуле (5.I22):

$$t_p = t = \frac{2Q^1}{u\,\sigma_o} = \frac{2 \cdot 49{,}7 \cdot 10^3}{0{,}548 \cdot 10^6} = 0{,}18\ м,$$

где Q^1 = 49,7 кН (см.табл.II.2.I);

$u = 2(h+в) = 2(0{,}17 + 0{,}104)$ – внешний периметр поперечного сечения упора;

σ_o = I,0 МПа.

II.2.8.4. В соответствии с результатами расчета и рекомендациями п.5.8. окончательно принимаем расчетные значения глубин зацелок:

для П-образных расстрелов – t_p =0,45м,

для центрального расстрела – t_p =0,60м,

для упора – t_p =0,25м.

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.

Приложение 3

П.3. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ АРМИРОВКИ КЛЕТЕВОГО ПОДЪЕМА ПРИ ДИАГОНАЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПРОВОДНИКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО СОСУДА

П.3.I. Исходные данные для расчета.

П.3.I.I. Масса порожней клети (с учетом масс подвесных устройств и зонта) - m_c =I0350кг.

П.3.I.2. Масса груженой клети - m =I7350кг.

П.3.I.3. Максимальная скорость движения груженой клети - V =I2м/с.

П.3.I.4. Центральные моменты инерции груженой клети:

J_φ =90920 кг.м^2; J_ψ =I03700 кг.м^2; J_θ =20I90 кг.м^2.

П.3.I.5. Моменты инерции поперечных сечений вертикальных стоек рамы: $J^A_{cm} = J^x_{cm}$ =0,86.I0^{-6}м^4; $J^Б_{cm} = J^y_{cm}$ =I0,9.I0^{-6}м^4.

П.3.I.6. Тип рабочих направляющих устройств клети - жесткие направляющие скольжения.

П.3.I.7. Расстояния от горизонтальной плоскости, проходящей через центр масс груженой клети, до нижних и верхних направляющих устройств - A =2,27м , B =2,95м.

П.3.I.8. Расстояние по вертикали между нижними и верхними направляющими устройствами - $L = A + B$ =5,22м.

П.3.I.9. Шаг армировки - h =4,I68м.

П.3.I.I0. Ширина колеи - S =4,27м.

П.3.I.II. Проводники:

тип - рельс Р43;

моменты инерции поперечного сечения в лобовом и боковом направлениях

J^A =I4,89.I0^{-6}м^4; $J^Б$ =2,6.I0^{-6}м^4;

моменты сопротивления поперечного сечения в лобовом и боковом направлениях

$$W^{л} = 2{,}083 \cdot 10^{-4} м^3; \qquad W^{б} = 0{,}45 \cdot 10^{-4} м^3.$$

П.3.1.12. Расстрельные балки:

тип - двутавровые балки I 36С ГОСТ 19425-74;

момент инерции относительно вертикальной оси и площадь поперечного сечения

$$J_z = 6{,}18 \cdot 10^{-6} м^4, \qquad F = 54{,}5 \cdot 10^{-4} м^2.$$

П.3.1.13. Вид крепи ствола - бетон.

П.3.1.14. Материал зацелки 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.

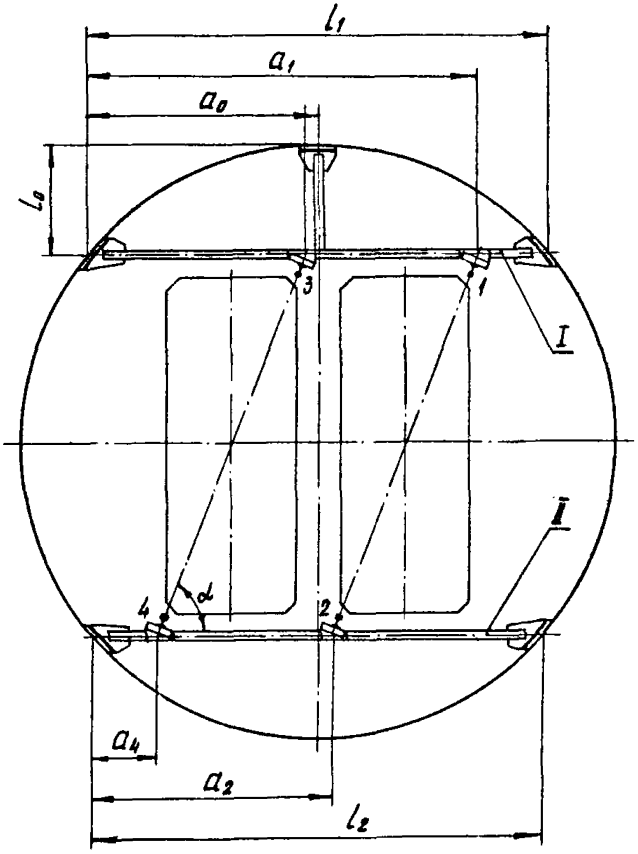
Расчет проводим для системы с проводниками 1 и 2, как более слабой по жесткостным характеристикам.

П.3.2.1. Лобовая жесткость определяется по формуле (5.10):

$$C^{л} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sin\alpha}{C_g^{л}}\right)^2 + \left(\frac{\cos\alpha}{C_g^{б}}\right)^2}}, \frac{Н}{м},$$

где $C_g^{л}$ и $C_g^{б}$ - жесткости расстрела в направлениях соответственно перпендикулярном и параллельном его продольной оси;

$\alpha = 69^{\circ}30'$ - угол между горизонтальной диагональю клети, лежащей в плоскости проводников, и продольной осью расстрела.



$$l_1 = l_2 = 5{,}36\ м\ ;$$

$$l_0 = 1{,}25\ м\ ;\quad a_1 = 4{,}555\ м\ ;$$

$$a_2 = 2{,}805\ м\ ;\quad a_4 = 0{,}805\ м\ ;$$

$$a_0 = 2{,}68\ м\ ;\quad \alpha = 69°30'\ .$$

Рис. П.3.I. Схема армировки клетевого ствола и ее основные геометрические размеры

П.3.2.I.I. Расстрел I, проводник I.

Жесткость C_g^1 в соответствии с расчетной схемой рис.П.3.2 определяется по формуле:

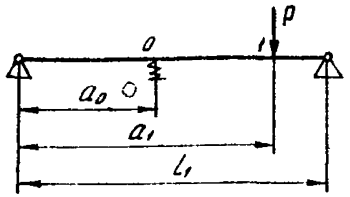


Рис.П.3.2. Расчетная схема

$$C_g^1 = \frac{k}{\delta_{11} - \delta_{10} X_0}, \frac{H}{M},$$

где

$$X_0 = \frac{\delta_{01}}{\Delta_0 + \delta_{00}},$$

k = I 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.I имеем:

l_1 =5,36м; a_1 =4,555м; l_0 =I,25м; a_0 =2,68м;

$J_{z0} = J_z$ =6,I8.I0^{-6}м^4; $F_0 = F$ =90,9.I0^{-4}м^2.

$$\Delta_0 = \frac{n l_0}{E F_0} = \frac{1{,}25}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 90{,}9 \cdot 10^{-4}} = 0{,}000687 \cdot 10^{-6} \frac{M}{H},$$

где n =I для анкерного крепления упора к кроне ствола.

$$\delta_{ij} = \frac{a_j^2 (l - a_j)^2}{3 E J_z l}, \frac{M}{H},$$, откуда

$$\delta_{11} = \frac{a_1^2 (l_1 - a_1)^2}{3 E J_z l_1} = \frac{4{,}555^2 (5{,}36 - 4{,}555)^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6{,}18 \cdot 10^{-6} \cdot 5{,}36} = 0{,}676 \cdot 10^{-6} \frac{M}{H};$$

$$\delta_{00} = \frac{a_0^2 (l_1 - a_0)^2}{3 E J_z l_1} = \frac{2{,}68^2 (5{,}36 - 2{,}68)^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6{,}18 \cdot 10^{-6} \cdot 5{,}36} = 2{,}596 \cdot 10^{-6} \frac{M}{H};$$

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

откуда

$$\delta_{01}=\delta_{10}=\frac{a_0(l_1-a_1)[l_1^2-a_0^2-(l_1-a_1)^2]+(a_0-a_1)^3 l_1}{6EJ_z l_1}=$$

$$=\frac{2{,}68(5{,}36-4{,}555)[5{,}36^2-2{,}68^2-(5{,}36-4{,}555)^2]}{6\cdot 2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 6{,}18\cdot 10^{-6}\cdot 5{,}36}=1{,}134\cdot 10^{-6}\frac{м}{Н};$$

$$X_0=\frac{1{,}134}{0{,}000687+2{,}596}=0{,}437;$$

$$C_9^1=\frac{10^6}{0{,}676-1{,}134\cdot 0{,}437}=5{,}542\cdot 10^6\frac{Н}{м}=5542\frac{кН}{м}.$$

Жесткость C_9^δ определяется по формуле (5.21):

$$C_9^\delta=\frac{kEFl_1}{a_1(l_1-a_1)}=\frac{2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 90{,}9\cdot 10^{-4}\cdot 5{,}36}{4{,}555(5{,}36-4{,}555)}=2658\cdot 10^6\frac{Н}{м}=$$

$$=2658000\frac{кН}{м}.$$

Жесткость C_1^1 равна:

$$C_1^1=\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sin 69°30'}{5542}\right)^2+\left(\frac{\cos 69°30'}{2658000}\right)^2}}=5915\frac{кН}{м}.$$

П.3.2.I.2. Расстрел II, проводник 2.

Расчет аналогичен предыдущему.

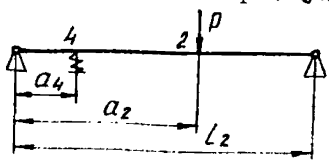


Рис.II.3.3. Расчетная схема.

$l_2=5{,}36$ м;

$a_2=2{,}805$ м;

$a_4=0{,}805$ м;

$J^1=14{,}89\cdot 10^{-6}$ м^4.

В соответствии с расчетной схемой рис.П.3.3.:

$$C_g^{\Lambda} = \frac{k}{\delta_{22} + \delta_{24} X_4}, \ \frac{H}{M},$$

где $X_4 = \frac{\delta_{42}}{\Delta_4 + \delta_{44}}$.

$$\Delta_4 = \frac{h^3}{8EJ^{\Lambda}} = \frac{4,16 8^3}{8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 14,89 \cdot 10^{-6}} = 3,039 \cdot 10^{-6} \frac{M}{H};$$

$$\delta_{22} = \frac{a_2^2 (l_2 - a_2)^2}{3EJ_2 l_2} = \frac{2,805^2 (5,36 - 2,805)^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6,18 \cdot 10^{-6} \cdot 5,36} = 2,584 \cdot 10^{-6} \frac{M}{H};$$

$$\delta_{44} = \frac{a_4^2 (l_2 - a_4)^2}{3EJ_2 l_2} = \frac{0,805^2 (5,36 - 0,805)^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6,18 \cdot 10^{-6} \cdot 5,36} = 0,676 \cdot 10^{-6} \frac{M}{H};$$

$$\delta_{42} = \delta_{24} = \frac{a_4 (l_2 - a_2)[l_2^2 - a_4^2 - (l_2 - a_2)^2] + (a_4 - a_2)^3 l_2}{6EJ_2 l_2} =$$

$$= \frac{0,805 (5,36 - 2,805)[5,36^2 - 0,805^2 - (5,36 - 2,805)^2]}{6 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6,18 \cdot 10^{-6} \cdot 5,36} = 1,115 \cdot 10^{-6} \frac{M}{H};$$

$$X_4 = \frac{1,115}{3,039 + 0,676} = 0,3.$$

$$C_g^{\Lambda} = \frac{10^6}{2,584 - 1,115 \cdot 0,3} = 0,445 \cdot 10^6 \frac{H}{M} = 445 \frac{KH}{M}.$$

Жесткость C_g^{δ} определяется по формуле (5.21):

$$C_g^{\delta} = \frac{kEFl_2}{a_2 (l_2 - a_2)} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 90,9 \cdot 10^{-4} \cdot 5,36}{2,805 \cdot (5,36 - 2,805)} = 1360 \cdot 10^6 \frac{H}{M} = 1360000 \frac{KH}{M}$$

Жесткость C_2^{Λ} равна:

$$C_2^{\Lambda} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\sin 69°30'}{445}\right)^2 + \left(\frac{\cos 69°30'}{1360000}\right)^2}} = 475 \ \frac{кН}{м}.$$

П.3.2.2. Боковая жесткость определяется по Формуле (5.24):

$$C^{\delta} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\cos\alpha}{C_g^{\Lambda}}\right)^2 + \left(\frac{\sin\alpha}{C_g^{\delta}}\right)^2 + \frac{d^2}{3EJ_z l}\left[l(l-3a_0)+3a_0^2\right] + \frac{\Phi}{E}}}, \ \frac{Н}{м},$$

где C_g^{Λ} и C_g^{δ} – см.пп.3.2.I.I и 3.2.I.2;

α = 69°30′;

a_0 – большее расстояние по оси расстрела от проводника до крепи отвола;

Φ =I500м$^{-I}$ – см. табл.5.2;

$d = l_g - \frac{r}{2} + H$ =0,I35–0,0304+0,I4 = 0,26 м (l_g – – расстояние от продольной оси расстрела до подошвы проводника по линии, соединяющей проводники).

П.3.2.2.I. Расстрел I, проводник I.

$$C_1^{\delta} = 1:\left\{\sqrt{\left(\frac{\cos 69°30'}{5542\cdot 10^3}\right)^2 + \left(\frac{\sin 69°30'}{2658000\cdot 10^3}\right)^2} + \right.$$

$$+ \frac{0{,}26^2}{3\cdot 2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 6{,}18\cdot 10^{-6}\cdot 5{,}36}\left[5{,}36(5{,}36-3\cdot 4{,}555)+\right.$$

$$\left.\left. +3\cdot 4{,}555^2\right] + \frac{1500}{2\cdot 10^5\cdot 10^6}\right\} = 7636000\ \frac{Н}{м} = 7636\ \frac{кН}{м},$$

где $l = l_1 = 5{,}36$ м ; $a_0 = a = 4{,}555$ м.

П.3.2.2.2. Расстрел П, проводник 2.

$$C_2^{\delta} = 1 : \left\{ \sqrt{\left(\frac{\cos 69^\circ 30'}{445 \cdot 10^3}\right)^2 + \left(\frac{\sin 69^\circ 30'}{1360000 \cdot 10^3}\right)^2} + \right.$$

$$+ \frac{0{,}26^2}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 6{,}18 \cdot 10^{-6} \cdot 5{,}36} [5{,}36(5{,}36 - 3 \cdot 2{,}805) +$$

$$\left. + 3 \cdot 2{,}805^2] + \frac{1500}{2 \cdot 10^5 \cdot 10^6} \right\} = 1220000 \frac{H}{M} = 1220 \frac{кН}{M}.$$

П.3.3. Инерциальные характеристики груженой клети.

Моменты инерции клети относительно ее центральных горизонтальных осей, направленных параллельно и перпендикулярно плоскости проводников, и относительно ее центральной вертикальной оси определяются по формулам (5.55):

$$J_{\varphi g} = J_\varphi \sin^2\alpha + J_\psi \cos^2\alpha =$$

$$= 90920 \cdot \sin^2 69^\circ 30' + 103700 \cdot \cos^2 69^\circ 30' = 92530 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\psi g} = J_\psi \sin^2\alpha + J_\varphi \cos^2\alpha =$$

$$= 103700 \cdot \sin^2 69^\circ 30' + 90920 \cdot \cos^2 69^\circ 30' = 102200 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$J_{\theta g} = J_\theta = 20190 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

где J_φ, J_ψ и J_θ – моменты инерции груженой клети относительно ее центральных горизонтальных осей, направленных параллельно и перпендикулярно продольной оси клети, и относительно ее центральной вертикальной оси.

П.3.4. Жесткостные характеристики клети.

Лобовая (боковая) жесткость клети определяется по формуле (5.61) :

$$C_c^{л(б)} = \frac{11 \cdot \gamma_2^4 \cdot E J_{cmg}^{л(б)} \cdot m_c}{L^4 \cdot q_{cm}}, \frac{Н}{м},$$

где m_c = 10350кг - масса порожней клети;

L = 5,22м - расстояние по вертикали между нижними и верхними направляющими устройствами;

q_{cm} = 18 кг/м - усредненная линейная плотность стоек клети;

γ_2 = 1,22 - коэффициент, определяемый по графику рис.5.6 в зависимости от значения параметра z_2 :

$$z_2 = 0{,}33\left(\frac{m_c}{L \cdot q_{cm}} - 8\right) = 0{,}33\left(\frac{10350}{5{,}22 \cdot 18} - 8\right) = 33{,}71;$$

$J_{cmg}^{л}$, $J_{cmg}^{б}$ - усредненные центральные моменты инерции поперечных сечений стоек рамы клети относительно их горизонтальных осей, направленных перпендикулярно и параллельно плоскости проводников; определяются по формулам (5.64):

$$J_{cmg}^{л} = J_{cm}^{л} \cos^2\alpha + J_{cm}^{б} \cdot \sin^2\alpha =$$

$$= 0{,}86 \cdot 10^{-6} \cos^2 69°30' + 10{,}9\, 10^{-6} \sin^2 69°30' = 9{,}67 \cdot 10^{-6}\ м^4.$$

$$J_{cmg}^{б} = J_{cm}^{б} \cos^2\alpha + J_{cm}^{л} \cdot \sin^2\alpha =$$

$$= 10{,}9 \cdot 10^{-6} \cos^2 69°30' + 0{,}86 \cdot 10^{-6} \sin^2 69°30' = 2{,}09 \cdot 10^{-6}\ м^4$$

($J_{cm}^{л,б}$ - усредненные центральные моменты инерции поперечных сечений стоек рамы клети относительно их горизонтальных осей, соответственно параллельных и перпен-

дикулярных продольной оси клети.

Подставив полученные значения в формулу, получим:

$$C_c^л = \frac{11 \cdot 1{,}28^4 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 9{,}67 \cdot 10^{-6} \cdot 10350}{5{,}22^4 \cdot 18} =$$

$$= 44\,220\,000 \frac{Н}{м} = 44\,220 \frac{кН}{м};$$

$$C_c^б = \frac{11 \cdot 1{,}28^4 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 2{,}09 \cdot 10^{-6} \cdot 10350}{5{,}22^4 \cdot 18} =$$

$$= 9559000 \frac{Н}{м} = 9559 \frac{кН}{м}.$$

П.3.5. Проверочный расчет параметров армировки по условию динамической устойчивости движения клети.

П.3.5.I. Проверка запаса устойчивости по отношению к лобовым колебаниям.

$$C^л = \sqrt{C_1^л \cdot C_2^л} = \sqrt{5915 \cdot 475} = 1676 \frac{кН}{м};$$

$$\gamma^л = \frac{C^л}{C_c^л} = \frac{1676}{44220} = 0{,}0379;$$

$$б^л = \frac{C^л h^3}{6EJ^л} = \frac{1676 \cdot 10^3 \cdot 4{,}168^3}{6 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 14{,}89 \cdot 10^{-6}} = 6{,}79;$$

$$б_{экв}^л = \frac{б^л}{1+\gamma^л} = \frac{6{,}79}{1+0{,}0379} = 6{,}542;$$

$$lg\, б_{экв}^л = lg\, 6{,}542 = 0{,}816.$$

Из графика рис.5.7 $\mu^л = 0{,}515$

Допустимый запас устойчивости:

$$[K^л] = 3{,}75(1{,}3\mu^л - 0{,}21) = 3{,}75(1{,}3 \cdot 0{,}515 - 0{,}21) = 1{,}72;$$

$$\lambda_\varphi^2 = \frac{mL^2}{4J_{yy}} = \frac{17350 \cdot 5{,}22^2}{4 \cdot 92\,530} = 1{,}26;$$

$$e = \left|\frac{A-B}{A+B}\right| = \left|\frac{2,27-2,95}{2,27+2,95}\right| = 0,13;$$

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

$$= \frac{1}{2}\left[1+1,26(1+0,13^2) - \sqrt{[1+1,26(1+0,13^2)]^2 - 4\cdot 1,26}\right] = 0,92;$$

$\lg G^1 = \lg 6,79 = 0,83$; из графика рис.5.8 $\varepsilon_{cp}^1 = 1,08$;

$$\varepsilon^1 = \frac{\varepsilon_{cp}^1}{1+\gamma^1\varepsilon_{cp}^1} = \frac{1,08}{1+0,0379\cdot 1,08} = 1,04.$$

Действительный запас устойчивости:

$$K^1 = \frac{C^1\varepsilon^1\rho^1 h^2}{2\pi^2(k_p M^1)^2(mr^2)} =$$

$$= \frac{1676\cdot 10^3\cdot 1,04\cdot 0,92\cdot 4,168^2}{2\pi^2\, 0,515^2\cdot 17350\cdot 12^2} = 2,13 > [K^1],$$

где k_p =I для сосудов с жесткими рабочими направляющими устройствами.

П.3.5.2. Проверка запаса устойчивости по отношению к боковым колебаниям.

$$\gamma_1^\delta = \frac{C_1^\delta}{C_c^\delta} = \frac{7636}{9559} = 0,799; \quad \gamma_2^\delta = \frac{C_2^\delta}{C_c^\delta} = \frac{1220}{9559} = 0,128;$$

$$G_1^\delta = \frac{C_1^\delta h^3}{6EJ^\delta} = \frac{7636\cdot 10^3\cdot 4,168^3}{6\cdot 2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 2,6\cdot 10^{-6}} = 177,2;$$

$$G_2^\delta = \frac{C_2^\delta h^3}{6EJ^\delta} = \frac{1220\cdot 10^3\cdot 4,168^3}{6\cdot 2\cdot 10^5\cdot 10^6\cdot 2,6\cdot 10^{-6}} = 28,3;$$

$$\sigma_{1экв}^{\delta} = \frac{\sigma_1^{\delta}}{1+\gamma_1^{\delta}} = \frac{177,2}{1+0,799} = 98,5\ ; \qquad lg\,\sigma_{1экв}^{\delta} = 1,99;$$

$$\sigma_{2экв}^{\delta} = \frac{\sigma_2^{\delta}}{1+\gamma_2^{\delta}} = \frac{28,3}{1+0,128} = 25,09\ ; \qquad lg\,\sigma_{2экв}^{\delta} = 1,4\ ,$$

$\mu^{\delta} = 0,56$ • из графика рис. 5.7 в зависимости от $lg\,(\sigma_{экв})_{min} = 1,4$.

Допустимый запас устойчивости:

$$[K^{\delta}] = 3,75[1,3\mu^{\delta} - 0,21] = 3,75[1,3\cdot 0,56 - 0,21] = 1,94.$$

$\varepsilon_{1ср}^{\delta} = 0,37$, $\varepsilon_{2ср}^{\delta} = 0,69$ – из графика рис.5.8 в зависимости от $lg\sigma_{1экв}^{\delta}$ и $lg\sigma_{2экв}^{\delta}$;

$$\varepsilon_1^{\delta} = \frac{\varepsilon_{1ср}^{\delta}}{1+\gamma_1^{\delta}} = \frac{0,37}{1+0,799} = 0,209\ ;$$

$$\varepsilon_2^{\delta} = \frac{\varepsilon_{2ср}^{\delta}}{1+\gamma_2^{\delta}} = \frac{0,69}{1+0,128} = 0,612\ ;$$

$$q = 1 - \left(\frac{\sigma_2^{\delta}\varepsilon_2^{\delta} - \sigma_1^{\delta}\varepsilon_1^{\delta}}{\sigma_2^{\delta}\varepsilon_2^{\delta} + \sigma_1^{\delta}\varepsilon_1^{\delta}}\right)^2 =$$

$$= 1 - \left(\frac{28,3\cdot 0,612 - 177,2\cdot 0,209}{28,3\cdot 0,612 + 177,2\cdot 0,209}\right)^2 = 0,873\ ;$$

$$\lambda_{\psi}^2 = \frac{mL^2}{4\cdot J_{\psi g}} = \frac{17350\cdot 5,22^2}{4\cdot 102200} = 1,16\ ;$$

$$\lambda_{\theta}^2 = \frac{mS^2}{4J_{\theta g}} = \frac{17350\cdot 4,27^2}{4\cdot 20190} = 3,92\ ;$$

$$\rho^3-\rho^2[\lambda_\psi^2(1+e^2)+\lambda_\phi^2+1]+\rho[\lambda_\psi^2\lambda_\phi^2(1+e^2q)+$$
$$+\lambda_\phi^2 q+\lambda_\psi^2]-\lambda_\psi^2\lambda_\phi^2 q=0;$$

$$\rho^3-\rho^2[1,16(1+0,13^2)+3,92+1]+\rho[1,16\cdot3,92(1+0,13^2\cdot0,873)+$$
$$+3,92\cdot0,873+1,16]-1,16\cdot3,92\cdot0,873=0;$$

$$\rho^3-6,10\rho^2+9,196\rho-3,97=0;$$, откуда

$$\rho_1=0,804;\ \rho_2=1,21;\ \rho_3=4,086,$$

$$\rho^\delta=\min(\rho_1,\rho_2,\rho_3)=0,804.$$

Действительный запас устойчивости:

$$K^\delta=\frac{h^2\rho^\delta(C_1^\delta\varepsilon_1^\delta+C_2^\delta\varepsilon_2^\delta)}{2\pi^2(k_\rho M^\delta)^2(mr^2)}=$$
$$=\frac{4,168^2\cdot0,804\,(7636\cdot0,209+1220\cdot0,612)\cdot10^3}{2\pi^2\cdot0,54^2\cdot17350\cdot12^2}=2,25>[K^\delta].$$

П.3.6. Проверочный расчет армировки на горизонтальные нагрузки.

Результаты расчета сводим в табл.П.3.I.

Таблица П.3.I.

Наименование параметров	Ед. изм.	Результаты расчета			
		лоб.		бок.	
		пр.I	пр.2	пр.I	пр.2
I	2	3	4	5	6
Исходные данные					
Жесткость рассгрела, $C^{1(\delta)}$	кН/м	5915	475	7636	I220
Параметр $\beta^{1(\delta)}$	–	23,97	I,92	I77,2	28,3

Продолжение табл.П.3.I.

I	2	3	4	5	6
$lgб^{л(б)}$	–	I,38	0,283	2,25	I,45
Параметр $б_к$	–	0		∞	
Момент сопротивления проводника, $W^{л(б)}$	м³	$2{,}083\cdot10^{-4}$		$0{,}45\cdot10^{-4}$	
Параметр $\frac{d}{\delta}$	–	0,5			
Зазор, δ	м	0,0I			
Эксцентриситет клети, e . .	–	0,I3			
Р а с ч е т н а г р у з о к					
Коэф. $n^{л(б)}$, см.табл.5.4 . .	–	0,89	I,4	0,74	0,89
$p^{л(б)}=\frac{2\pi^2 k_p^2 \delta (mv^2)}{h^2} n^{л(б)}$ . .	кН	25,27	39,74	2I,0	25,27
$\xi^{л(б)}$, см.рис.5.9.	–	0,33	0,05	0,37	0,35
$\beta_M^{л(б)}$, см.рис.5.I0. . . .	–	0,I56	0,I4	0,I09	0,I07
$\beta_Q^{л(б)}$, см.рис.5.I0. . . .	–	0,76	0,62	0,67	0,65
$M_p^{л(б)}=p^{л(б)} h \beta_M^{л(б)}$	кН м	I6,43	23,I9	9,54	II,27
$Q^{л(б)}=p^{л(б)} \beta_Q^{л(б)}$	кН	I9,2I	24,64	I4,07	I6,42
П р о г и б ы п р о в о д н и к о в					
$f(\xi_p)$, см.рис.5.II	–	0,5I	I,59	–	–
$f(\xi_0)$, см.рис.5.II	–	I,09	I,60		
$f_p^л=\frac{p^л}{c^л f(\xi_p)}$	м	0,008	0,053	–	–

Продолжение табл.П.3.I

I	2	3	4	5	6
$f_0 = \frac{Q^1}{C^1 f(\xi_0)}$	м	0,003	0,032	-	-
$[f]$	м	0,015			
Напряжения в проводнике под силой					
$\sigma_u = \frac{M_p^{1(5)}}{W^{1(5)}}$	МПа	78,9	III,3	2I2	250
$[\sigma_u]$	МПа	350			

П.3.7. Выводы.

Проверочный расчет показал, что параметры конструкции армировки при заданных режимах работы подъемной установки удовлетворяют условиям динамической устойчивости движения клети ~~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 клети, либо улучшить жесткостные характеристики системы "сосуд-армировка" путем изменения параметров армировки или усиления конструкции клети.

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.

Приложение 4

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ, ЖЕСТКОСТНЫЕ И ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛЕТЕЙ

Всего листов 5

Лист I

№ п/п	Обозначение типоразмера клети	Масса порожней клети, кг	Тип и масса груженой вагонетки, кг	Геометрические характеристики клети, м			Жесткость клети, кН/м		Центральные моменты инерции груженой клети, кг м^2		
				L	A	B	C_c^A	C_c^B	J_φ	J_ψ	J_ϕ
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
I	IУКН I,55-I	I630	ВГ-I,0 26I0	2,88	I,28	I,60	48330	47090	4860	5I30	840
2	2УКН I,55-I	2630	ВГ-I,0 26I0	5,I7	2,57 / 2,32	2,60 / 2,85	I370	I3390	29260 / 27900	29740 / 28I80	I540 / II50
3	IУКН I,9-I	I900	ВГ-I,I 2900	2,9I	I,3I	I,60	42740	364500	5870	6390	II90
4	IУКН I,9Г-2	I950	ВГ-I,I 2900	2,50	I,3I	I,I9	80520	686800	6460	6920	I250
5	2УКН I,9-I	2950	ВГ-I,I 2900	5,I7	2,60 / 2,36	2,57 / 2,8I	900	7690	33960 / 32500	34810 / 33I00	2070 / I590
6	2УКН I,9Г-2	3300	ВГ-I,I 2900	4,5	2,39 / 2,I4	2,II / 2,33	I460	I2430	27750 / 26070	28650 / 26700	2300 / I820

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	ЦУКН2,55-I,2	2750	ВГ-I,4 3625	2,78	I,32	I,46	74270	633400	9680	II260	2790
8	ЦУКН2,55Г-3	2750	ВГ-I,4 3625	I,89	I,32	0,57	439600	4284000	9680	II260	2790
9	2УКН2,55Г-I,2	4000	ВГ-I,4 3625	5,00	2,36 / 2,09	2,62 / 2,9I	I560	15400	35490 / 32960	38240 / 34870	4700 / 3530
I0	2УКН2,55Г-3	4000	ВГ-I,4 3625	4,00	2,36 / 2,09	I,62 / I,9I	3I50	30670	35490 / 32960	38240 / 34870	4700 / 3530
II	ЦУКН3,3Г-2	2890	ВГ-I,6 4350	2,80	I,3I	I,49	83400	755200	I0850	I3690	4I00
I2	ЦУКН3,3Г-3	2890	ВГ-I,6 4350	I,88	I,3I	0,57	472000	4598000	10850	I3690	4I00
I3	2УКН3,3Г-2	5690	ВГ-I,6 4350	5,22	2,55 / 2,34	2,67 / 2,88	I740	I6060	56080 / 54000	6I950 / 58490	8600 / 6790
I4	2УКН3,3Г-3	5690	ВГ-I,6 4350	4,03	2,55 / 2,34	I,48 / I,69	4390	47490	56080 / 54000	6I950 / 58490	8600 / 6790
I5	ЦУКН3,6Г-I,2	3620	ВГ-2,5 6300	2,96	I,33	I,65	98800	962800	I5I80	I9190	7340

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
I6	IУКН3,6Г-3	3820	ВГ-2,5 6300	I,85	I,33	0,52	8I8500	8852000	I5I80	I9I90	7340
I7	2УКН3,6Г-I,2	6680	ВГ-2,5 6300	5,I7	2,49 / 2,33	2,68 / 2,84	2540	28800	75260 / 73080	82680 / 78550	I3730 / I0560
I8	2УКН3,6Г-3	6680	ВГ-2,5 6300	4,07	2,49 / 2,33	I,58 / I,74	8I40	I03I00	75260 / 73080	82680 / 78550	I3730 / I0560
I9	2УКН3,6Г-4	9I00	ВГ-2,5 6300	5,I7	2,50 / 2,38	2,67 / 2,79	2460	28000	848I0 / 82770	93790 / 89800	I7370 / I4I90
20	IУКН4Г-I,2	4690	ВГ-3,3 8400	3,I	I,47	I,63	I20I00	I265000	26780	34280	I2460
2I	IУКН4Г-3	4690	ВГ-3,3 8400	I,9	I,47	0,43	II95000	I4690000	26780	34280	I2460
22	IУКН4Г-4	6I90	ВГ-3,3 8400	3,I0	I,48	I,62	I90000	2203000	29730	38560	I5II0
23	2УКН4Г-I,2	8800	ВГ-3,3 8400	5,35	2,74 / 2,52	2,6I / 2,83	3080	37830	I20900 / II6900	I35500 / I27000	24200 / I7800
24	2УКН4Г-3	8800	ВГ-3,3 8400	4,80	2,74 / 2,52	2,06 / 2,28	49I0	62240	I20900 / II6900	I35500 / I27000	24200 / I7800

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
25	2УКН4Г-4	9730	ВГ-3,3 8400	5,35	2,74 2,54	2,6I 2,8I	3630	467I0	I24900 I20900	I40300 I3I800	25880 I9470
26	IНВ255-3,2	2800	ВГ-I,4 3625	2,48	I,26	I,22	I99300	645700	9440	II020	28I0
27	IНВ360-6,0	4000	ВГ-2,5 6300	2,55	I,3I	I,24	427I00	I3I7000	I5630	I9770	7630
28	2НВ360-II,5	7900	ВГ-2,5 6300	4,83	2,60 2,32	2,23 2,5I	8420	25600	79990 75240	88I20 8I400	I5650 I2470
29	IНВ400-9,0	6000	ВД-3,3 9I20	2,53	I,4I	I,I[illegible]	66I200	2039000	25370	34300	I5090
30	2НВ400-I5,0	9990	ВД-3,3 9I20	4,88	2,70 2,40	2,I8 2,48	7970	24240	I23400 II6300	I39900 I27900	27590 20590
3I	IНВ520-I5,0	8990	ВД-5,6 I4500	2,62	I,65	0,97	I082000	3292000	55050	82470	38200
32	2НВ520-I5,0	I2240	ВД-5,6 I4500	4,96	2,68 2,25	2,28 2,7I	I0030	32000	I57200 I39500	206200 I72I00	67290 66970
33	2КНА 3,6	6020	ВГ-2,5 6300	4,52	2,22 I,69	2,30 2,83	8I00	24700	44200 32900	52340 39I00	I4860 II680

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
34	IKHA4,0	5990	ВД-3,3 9I20	2,26	I,20	I,06	I303000	396I000	I6I40	263I0	I6970
35	2KHA4,0	73I0	ВД-3,3 9I20	4,55	2,20 / I,66	2,35 / 2,87	I0I00	30700	57780 / 43320	73680 / 54590	26I50 / I9340
36	IKHA5,2	8600	ВД-3,3 9I20	2,28	I,3I	0,97	2032000	6482000	26940	46570	29990
37	2KHA5,2	I0540	ВД-3,3 9I20	4,58	2,27 / I,78	2,3I / 2,80	I6000	52490	75950 / 59I00	I03500 / 8I970	42230 / 35420

Примечания: I. Характеристики клетей определены для случая транспортировки или вагонеток, имеющих большую массу с грузом (из ряда вагонеток, применяемых для данной клети).

2. Для двухэтажных клетей геометрические (A,B) и инерциальные (J_φ , J_ψ , J_ϕ)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 $m_{ваг} = k_т \cdot m_{гр}$, где $k_т$ – коэффициент тары, $m_{гр}$–масса груза (см.ГОСТ I5I74-70 "Вагонетки шахтные грузовые").

4. Исходные данные для расчета характеристик клетей 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 типоразмера скипа (по КД)	Масса груженого скипа, кг	Масса скипа, кг	Геометрические характеристики скипа, м			Жесткость скипа, кН/м		Центральные моменты инерции груженого скипа, кг м²		
				L	A	B	C_c^{Λ}	C_c^{δ}	J_φ	J_ψ	J_ϑ
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
I	СН4-I70-I,I (СОУ4.00.000)	8985	5355	5,44	2,98	2,46	5I40	23830	32670	33420	4300
2	СН 4-I70-I,8 (СОП 4.00.000)	II295	5355	5,44	2,82	2,62	5250	24270	352б0	36220	5I90
3	СН 5-I65-I.I (СОУ5.00.000)	I2420	7800	6,23	3,I8	3,05	5700	53990	63800	64620	73I5
4	СН 5-I35-I,8 (СОП5.00.000)	I5860	8300	6,23	3,03	3,20	5790	54480	69880	70960	9060
5	СН 7-I85-I,I (СОУ7.00.000)	I5600	9000	7,08	3,37	3,7I	6060	58460	97380	98290	8975
6	СН 7-I85-I,8 (СОП7.00.000)	20300	9500	7,08	3,43	3,65	5790	545I0	I00300	I0I600	II570
7	СН 9,5-I85-I,I (СОУ 9,5.00.000)	I9350	I0000	8,II	?,93	4,I8	5790	54530	I42700	I43800	II030

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
8	СН9,5-I85-I.8 (СОП9,5.00.000)	26280	I0980	8,II	3,72	4,39	7820	69620	I5I200	I52900	I4750
9	СН II-I85-I.I (СОУII.00.000)	2I470	I0470	8,73	4,04	4,69	5870	54960	I59600	I60800	I24I0
I0	СН II-I85-I.8 (СОПII.00.000)	30050	I2050	8,67	3,97	4,70	8060	69470	I88900	I90900	I7030
II	СН II-223-I.I (ICOУII.00.000)	2I700	II600	7,73	3,67	4,06	5740	6I000	I28200	I3II00	I7670
I2	СНI5-223-I.I (СОУI5.00.000)	27I50	I2850	8,7I	4,I7	4,54	5740	79I20	I82200	I85900	2I920
I3	СН20-223-I.I (СОУ20.00.000)	33300	I4000	I0,23	4,90	5,33	5740	79I40	280400	285I00	26690
I4	СНМ 9,5-I85-I.I (СМУ9,5.00.000)	23550	I4200	8,90	4,05	4,85	4935	44800	247500	248900	I4230
I5	СНМ9,5-I85-I.8 (СМП9,5-00.000)	29700	I4400	8,90	4,II	4,75	5565	49420	237700	239600	I7I60

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
I6	СНМII-I85-I.I (СМУII.00.000)	26000	I5000	9,50	4,58	4,92	4790	43540	253500	255200	I5860
I7	СНМII-I85-I.8 (СМI.II.00.000)	35000	I7000	9,50	4,33	5,I7	5535	49I70	299900	302300	206I0
I8	СНМII-223-I.I (ICMУII.00.000)	26800	I6700	8,70	4,I7	4,53	3390	52360	2I0200	2I4000	22620
I9	СНМII-223-I.8 (ICMIII.00.000)	33600	I7000	8,70	4,0I	4,69	4670	57470	240400	245300	27400
20	СНМI5-223-I.I (СМУI5.00.000)	32500	I8200	9,70	4,60	5,I0	4309	538I0	308200	3I2700	27I70
2I	СНМ20-223-I.I (СМУ20.00.000)	39300	20000	II,20	5,22	5,98	6440	63270	45I400	456800	32400
22	СНМ20-280-I.I (ICMУ20.00.000)	37200	I9000	I0,70	4,63	6,07	5330	7I820	376800	384400	48520
23	СНМ25-235-I.I (СМУ25-00.000)	48600	24400	II,94	5,70	6,24	I6780	I25900	660700	668600	4I490

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
24	СНМ25-280-I.I (ICMУ25.00.000)	48500	25400	I0,69	5,I9	5,50	I3040	I06400	559800	568500	6I470
25	СНМ35-235-I.I (СМУ35.00.000)	62300	27700	I4,34	7,II	7,23	I4480	II4400	III3000	II23000	52820
26	СНМ35-280-I.I (ICMУ35.00.000)	60300	27300	I2,29	6,07	6,22	I45I0	II4600	8I2800	824600	76II0

Примечание. Исходные данные для расчета характеристик скипов взяты из технической документации, разработанной институтами "Донгипроуглемаш" и "Сибгипрогормаш"

Приложение 6

ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛОК КОНЦОВ РАССТРЕЛЬНЫХ БАЛОК В КРЕПЬ СТВОЛА

Схема А

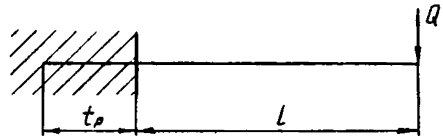


Таблица П.6.I

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 I9425-74								
30	3I	40	57	73	26	33	47	59
40	34	44	62	79	28	37	5I	65
50	37	48	67	80	3I	40	55	69
60	40	5I	7I	80	33	43	59	73
70	42	54	75	80	36	45	62	77
I 30М ГОСТ I9425-74								
30	29	38	54	70	24	32	44	56
40	33	42	59	75	27	35	49	6I
50	35	46	64	80	30	38	53	66
60	38	49	68	80	32	4I	56	70
70	40	52	7I	80	34	43	59	74

Продолжение таблицы П.6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
I 36М 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
Ригели 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 30М 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								
160x100мм								
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
170x104 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 II.6.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9
2I2 x I30мм								
30	35	47	67	80	29	38	54	70
40	39	5I	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	7I	80

С Х Е М А Б

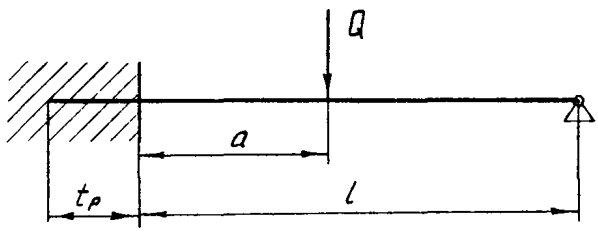


Таблица П.6.2.

Значения глубин заделок, t, см											
Марка бетона		М 200					М 300				
l, см	a, см	Значения горизонтальных нагрузок, Q, кН									
		5	I0	30	50	90	5	I0	30	50	90
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Расстрел двутавровый I 27С, ГОСТ I9425-74											
I00	40	9	I2	I8	22	25	8	II	I7	20	24
	60	9	I2	I9	22	27	8	II	I7	20	25
200	75	I4	I8	29	35	4I	I2	I6	26	3I	38
	I00	I4	I9	30	36	44	I2	I7	26	32	40
	I25	I3	I8	28	35	43	II	I6	25	3I	39
300	I00	I7	23	36	43	53	I5	20	32	39	48
	I50	I7	24	38	46	57	I5	2I	33	4I	52
	200	I5	2I	35	43	54	I4	I9	3I	38	49
400	I00	I8	25	39	47	58	I6	22	35	43	53
	200	20	28	45	55	69	I7	24	39	49	62
	300	I6	22	37	46	59	I4	20	33	4I	53
500	I50	22	30	47	58	72	I9	26	42	52	65
	250	23	3I	5I	63	79	20	27	45	56	7I
	350	20	27	45	56	72	I7	24	39	50	64

Продолжение табл. П.6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расстрел двутавровый I 30М, 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 двутавровый I 36, ГОСТ 19425-74											
100	40	8	11	17	20	[illegible]	7	10	15	18	22
	60	8	11	17	20	[illegible]	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.П.6.2.

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
400	I00	I6	22	35	43	53	I4	20	3I	39	48
	200	I8	25	40	50	63	I6	22	35	44	56
	300	I4	20	33	42	54	I2	I7	29	37	48
500	I50	I9	26	43	53	66	I7	23	38	47	59
	250	20	28	45	57	72	I7	24	40	50	64
	350	I7	24	40	50	65	I5	2I	35	44	57
Расстрел двутавровый I 40, ГОСТ 8239-72											
I00	40	8	II	I6	I9	23	7	9	I5	I8	2I
	60	8	I0	I6	20	24	7	9	I5	I8	22
200	75	I2	I6	25	30	37	I0	I4	22	27	34
	I00	I2	I6	26	3I	39	I0	I4	23	28	35
	I25	II	I5	24	30	38	I0	I3	22	27	34
300	I00	I4	I9	3I	38	47	I2	I7	28	34	42
	I50	I4	20	32	40	50	I3	I8	29	36	45
	200	I3	I8	30	37	47	II	I6	26	33	42
400	I00	I5	2I	34	4I	5I	I4	I9	30	37	46
	200	I7	23	38	48	60	I5	20	34	42	54
	300	I4	I9	32	40	5I	I2	I7	26	35	45
500	I50	I8	25	4I	50	63	I6	22	36	45	57
	250	I9	26	43	54	69	I7	23	38	48	6I
	350	I6	23	38	48	62	I4	20	33	42	55
Расстрел коробчатый I60 х I00мм											
I00	40	I2	I5	22	25	28	I0	I4	20	23	27
	60	II	I5	23	27	3I	I0	I4	2I	25	29
200	75	I8	23	35	4I	48	I6	2I	32	38	45
	I00	I8	24	37	44	52	I6	2I	33	40	48
	I25	I7	23	36	43	52	I5	20	32	36	47

Продолжение табл.П.6.2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
300	I00	22	29	45	53	63	I9	26	40	48	58
	I50	22	30	47	57	69	20	27	42	52	63
	200	20	28	44	54	67	I8	24	39	48	60
400	I00	24	32	48	58	68	2I	28	44	52	63
	200	26	36	57	69	80	23	3I	50	62	76
	300	2I	29	48	59	75	I9	26	42	53	67
500	I50	28	38	60	72	80	25	34	53	65	80
	250	30	40	65	79	80	26	36	57	7I	80
	350	26	35	58	72	80	22	3I	5I	64	80
Расстрел коробчатый I70 х I04мм											
I00	40	II	I5	22	25	28	I0	I4	20	23	27
	60	II	I5	22	26	3I	I0	I3	20	24	29
200	75	I7	23	35	4I	48	I5	20	3I	37	44
	I00	I7	23	36	43	5I	I5	2I	32	39	47
	I25	I7	22	35	42	5I	I5	20	3I	38	47
300	I00	2I	28	44	52	62	I9	25	39	47	57
	I50	22	30	46	56	68	I9	26	4I	50	62
	200	20	27	43	53	66	I7	24	38	47	59
400	I00	23	3I	48	57	67	20	27	43	5I	62
	200	26	35	55	67	80	22	3I	49	60	75
	300	2I	29	47	58	73	I8	25	4I	5I	65
500	I50	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	I0	II	I2
Расстрел коробчатый 2I2 х I30мм											
I00	40	I0	I4	20	23	27	9	I2	I8	22	25
	60	I0	I3	2I	24	29	9	I2	I9	22	27
200	75	I6	2I	32	38	45	I4	I9	29	35	42
	I00	I6	2I	33	40	48	I4	I9	30	36	44
	I25	I5	20	32	39	47	I3	I8	29	35	43
300	I00	I9	26	40	48	58	I7	23	36	44	53
	I50	20	27	43	52	63	I7	24	38	46	58
	200	I8	25	40	49	6I	I6	22	35	43	55
400	I00	2I	28	44	53	63	I8	25	39	48	59
	200	23	32	5I	62	77	20	28	45	55	69
	300	I9	26	42	53	67	I6	23	37	47	60
500	I50	25	34	53	65	79	22	30	48	58	72
	250	26	36	58	7I	80	23	3I	5I	63	80
	350	23	3I	5I	64	80	20	27	45	56	72

Приложение 6

С Х Е М А В,

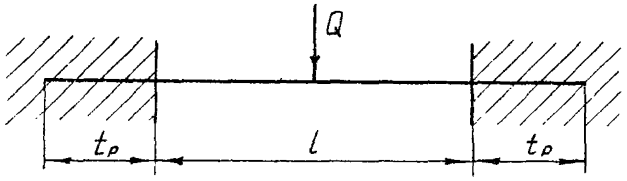


Таблица II.6.3

Значения глубин зацелок, t, см										
Марка бетона	М 200					М 300				
l, см	Значения горизонтальных нагрузок, Q, кН									
	5	I0	30	50	90	5	I0	30	50	90
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
Расстрел двутавровый I 27С ГОСТ I9425-74										
I00	8	II	I6	I9	23	7	9	I5	I8	2I
200	II	I6	25	30	37	I0	I4	22	27	34
300	I4	20	32	39	48	I2	I7	28	35	43
400	I7	23	37	46	58	I4	20	33	4I	52
500	I9	26	42	52	67	I6	23	37	46	59
600	20	28	47	58	74	I8	25	4I	5I	66
700	22	3I	5I	64	80	I9	27	45	56	72
850	25	34	57	7I	80	2I	30	50	63	80
Расстрел двутавровый I3ОМ ГОСТ I9425-74										
I00	8	I0	I6	I9	22	7	9	I4	I7	2I
200	II	I5	24	29	36	I0	I3	2I	26	33
300	I4	I9	30	37	47	I2	I6	27	33	42
400	I6	22	36	44	56	I4	I9	3I	39	50
500	I8	25	40	50	64	I6	2I	36	45	57

Продолжение табл.П.6.3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
600	20	27	45	56	7I	I7	24	39	49	63
700	2I	30	49	6I	78	I8	26	43	54	69
850	23	33	54	68	80	20	28	48	60	77
Расстрел двутавровый I 36 ГОСТ I5425-74										
I00	7	9	I5	I8	2I	6	8	I3	I6	20
200	I0	I4	22	27	34	9	I2	20	24	3I
300	I3	I7	28	35	44	II	I5	25	3I	39
400	I5	20	33	4I	53	I3	I8	29	37	47
500	I6	23	38	47	60	I4	20	33	4I	53
600	I8	25	42	52	67	I6	22	37	46	59
700	20	27	45	57	73	I7	24	40	50	65
850	22	30	50	63	80	I9	26	44	56	72
Расстрел двутавровый I 40 ГОСТ 8239-72										
I00	7	9	I4	I7	2I	6	8	I3	I5	I9
200	I0	I3	2I	26	33	8	I2	I9	23	29
300	I2	I7	27	33	42	I0	I4	24	30	38
400	I4	I9	32	39	50	I2	I7	28	35	45
500	I6	22	36	45	57	I4	I9	3I	40	5I
600	I7	24	40	50	64	I5	2I	35	44	57
700	I9	26	43	54	70	I6	23	38	48	62
850	2I	29	48	60	78	I8	25	42	53	69
Расстрел коробчатый I60xI00мм										
I00	I0	I3	20	23	27	9	I2	I8	2I	25
200	I5	20	3I	37	45	I3	I8	28	35	4I
300	I9	25	40	48	59	I6	22	35	43	54

Продолжение табл.П.6.3

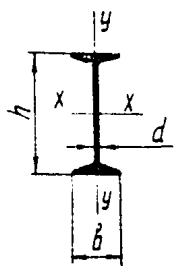
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II
400	22	30	47	58	72	I9	26	4I	52	65
500	24	33	54	66	80	2I	29	48	59	74
600	27	37	60	74	80	23	32	53	66	80
700	29	40	65	80	80	25	35	58	72	80
850	32	45	73	80	80	28	39	64	80	80
Расстрел коробчатый I70xI04мм										
I00	I0	I3	I9	23	26	9	I2	I8	2I	25
200	I4	20	30	36	44	I3	I7	27	33	40
300	I8	25	39	47	58	I6	22	35	42	53
400	2I	29	46	57	70	I8	25	4I	5I	63
500	24	33	53	65	80	2I	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	3I	43	7I	80	80	27	38	63	78	80
Расстрел коробчатый 2I2xI30мм										
I00	9	I2	I8	2I	25	8	II	I6	I9	23
200	I3	I8	28	34	4I	II	I6	25	30	37
300	I6	22	36	44	54	I4	20	32	39	49
400	I9	26	42	52	65	I7	23	37	46	58
500	2I	29	48	59	75	I9	26	42	53	67
600	24	33	53	66	80	2I	28	47	58	75
700	26	35	58	72	80	22	3I	5I	64	80
850	28	39	65	80	80	25	34	57	7I	80

Приложение 7

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФИЛЕЙ РАССТРЕЛЬНЫХ БАЛОК И ПРОВОДНИКОВ

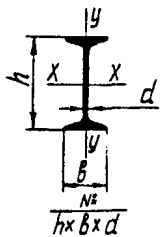
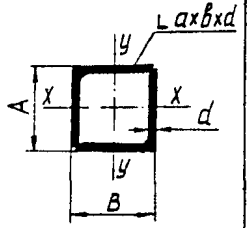
Всего листов 4

Лист I

п/п	Наименование, сечение и обозначение размеров профиля	ГОСТ или ОСТ	Размеры, мм	Моменты инерции поперечного сечения, см^4		Моменты сопротивления поперечного сечения, см^3		Площадь поперечного сечения, F, см^2	Линейная плотность, q, кг/м
				J_x	J_y	W_x	W_y		
		3	4	5	6	7	8	9	I0
1	Двутавровая балка	ГОСТ I9425-74 ОСТ I00I6-39)	20Са (20в) / 200xI02x9,0	2500	I70	250,0	33,3	39,6	3I,3
2			27С / 270xI22x8,5	6550	346	485,0	56,7	54,5	42,8
3			27Са (27в) / 270xI24xI0,5	6870	366	507,0	59,0	59,9	47,0
4			36С / 360xI40xI4,0	I7360	6I8	964,0	88,3	90,9	7I,3
5			24М / 240xII0x8,2	4640	276	387,0	50,2	48,7	38,3
6			30М / 300xI30x9,0	9500	480	633,0	73,9	64,0	50,2
7	$\frac{N^2}{h \times b \times d}$		36М / 360xI30x9,5	I5340	5I8	852,0	79,7	73,8	57,9

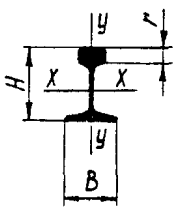
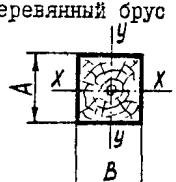
Всего листов 4

Лист 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0
8	Двутавровая балка  № h×B×d	ОСТ I00I6-39	24в / 240xII8xI0,0	4800	297	400,0	50,4	52,6	4I,2
9			36в / 360xI36xI2,0	I6530	582	9I9,0	84,3	83,5	65,6
I0		ГОСТ 8239-72	40 / 400xI55x8,3	I9062	667	953,0	86,I	72,6	57,0
II			45 / 450xI60x9,0	27696	808	I23I,0	I0I,0	84,7	66,5
I2	Сварной коробчатый профиль  A×B×d / L axBxd	Угольники по ГОСТ 8509-72 и ГОСТ 8510-72	I60xI00xI0 / I60xI00xI0	I723	703	2I5,4	I56,6	50,8	39,6
I3			I70xI04xI0 / I60xI00xI0	I976	840	220,7	I6I,5	5I,0	39,8
I4			2I2xI30xI2 / 200xI25xI2	4386	I985	4I3,8	305,4	76,4	59,6
I5			I60xI60xI2 / I60xI60xI2	280I		350,I		74,8	55,3
I6			I70xI60xI2 / I60xI60xI2	3090	280I	363,5	350,I	74,8	58,3
I7			I90x290xI6 / 200x200xI6	59I0	6424	622,I	642,4	II6,0	90,5

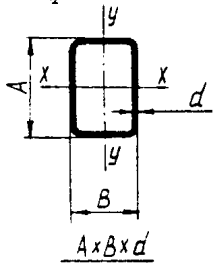
Всего листов 4

Лист 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	Рельсы	ГОСТ 8726-53	Р33 / I28xII0x27,2	968	I67	I56,0	30,0	42,8	33,50
I9		ГОСТ 3542-47	Р38 / I35xI14x28,67	I222	209	I80,3	36,7	49,I	38,4I
20		ГОСТ 7I73-54	Р43 / I40xI14x30,4	I489	260	208,3	45,0	57,0	44,65
2I		ГОСТ 7I74-75	Р50 / I52xI32x33,0	20II	375	247,0	55,0	66,0	5I,67
22		ГОСТ 8I6I-75	Р65 / I80xI50x35,6	3548	569	359,0	76,0	82,9	64,64
23	Р / НхВхг	ГОСТ I62I0-70	Р75 / I92xI50x46,0	4490	66I	432,0	88,0	95,I	74,44
24	Деревянный брус		I40xI40	3200		457,3		I96,0	
25			I60xI60	5460		682,7		256,0	
26			I80xI80	8748		972,0		324,0	
27			200x200	I3330		I333,0		400,0	
28	АхВ		220x220	I9520		I775,0		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	I25xII0xI2	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			I80x80xI2	2II7	540	235,2	I35,0	56,6	44,I
33		ГОСТ 8639-82	I00xI00x8	4I8		83,6		29,4	22,9
34			II0xII0x9	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 гортипографии № 2.
340002, г. Донецк, пр. Б. Хмельницкого, 102

gost.e-ecolog.ru