ОАО НПО «ВНИИПТМАШ»

ООО «СЕВЕРСТАЛЬ–ПРОЕКТ»

Утверждаю:
Генеральный директор
ООО «Северсталь-Проект»
_____ Самойлов В.И.
«___»_____ 2007г

Утверждаю:
Генеральный директор
ОАО НПО «ВНИИПТМАШ»
_____ Вацилло А.А.
«___»_____ 2007г

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

СПРАВОЧНОЕ РУКОВОДСТВО

РД 24.090.120-07

Рассмотрено на заседании секции кранового оборудования НТС ОАО НПО «ВНИИПТМАШ» и рекомендовано для использования при проектировании транспортно-технологических кранов для обслуживания предприятий металлургической промышленности
Протокол № 13 от 23 апреля 2007г

Москва – Череповец 2007

gost.e-ecolog.ru

Разработчики – к.т.н. Абрамович И.И., Лалаянц Р.А., к.т.н. Модин Н.В., к.т.н. Певзнер Е.М.

Приведены сведения по условиям применения грузоподъемных кранов, обслуживающих основные технологические процессы предприятий черной металлургии. Изложена информация по специфике конструктивного устройства и расчетов элементов этих кранов. Даны рекомендации по выбору кранов применительно к особенностям их эксплуатации.

Содержащийся в настоящем «Руководстве» материал ориентирован на создание кранов, обладающих повышенной надежностью в условиях интенсивной эксплуатации.

Для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, изготовлением, ремонтом и модернизацией грузоподъемных кранов, а также выбором кранов и надзором за их безопасной эксплуатацией.

По вопросам приобретения РД 24.090.120-07 обращаться:

ОАО НПО «ВНИИПТМАШ»
Адрес: 109387. г. Москва, ул. Люблинская, 42
Тел. (495) 351-58-00, факс (495) 349-56-22
E-mail: gost.e-ecolog.ru

ООО «Северсталь- Проект»
Адрес: 162600, г. Череповец, Вологодская
обл., пл. Строителей, 3
тел. (8202) 53-29-01 , факс (8202) 22-55-94

Оглавление

лист

ВВЕДЕНИЕ 6

1 ТЕРМИНОЛОГИЯ 9

2 УСЛОВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ КРАНОВ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ 10

2.1 Общие условия на месте установки крана. 10
2.2 Классификация кранов и их элементов по группам режима работы. 11

3 ОСНОВНЫЕ ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КРАНАМ 17

3.1 Особенности технической и эксплуатационной документации. 17
3.2 Требования к монтажу крана. 18
3.3 Лестницы, площадки, средства защиты. 18

4 ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И РАСЧЕТА НЕСУЩИХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 19

4.1 Общие положения 19
4.2 Соединения. 19
4.3 Материалы 20
4.4 Сортамент. 21
4.5 Рекомендации по проектированию и выполнению элементов стальных конструкций. 22
4.6 Основные положения расчета элементов стальных конструкций 26
4.7 Классификация учитываемых в расчетах нагрузок и воздействий 27
4.8 Значения расчетных нагрузок и их сочетания 28

5 ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И РАСЧЕТА МЕХАНИЗМОВ КРАНА. 34

5.1 Группы режима работы механизмов. 34
5.2 Общие требования к устройству механизмов, действующих при выполнении транспортно-технологических операций 34
5.3 Особенности выполнения отдельных элементов 34
5.4 Расчет механизмов 39

6 ЭЛЕКТРОПРИВОД И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ 40

6.1 Общие требования 40
6.2 Требования производительности 40
6.3 Показатели режима и условия работы электродвигателей 42
6.4 Выбор и расчет приводных электродвигателей 43
6.5 Аппаратура управления 43
6.6 Устройства токоподвода и электропроводки 44

7 УСТРОЙСТВА БЕЗОПАСНОСТИ 46

7.1 Ограничители грузоподъемности 46
7.2 Устройства для ограничения хода механизмов 46
7.3 Буферные устройства 46
7.4 Противоугонные устройства 47
7.5 Безопасный выход с крана 47

8 КАБИНЫ УПРАВЛЕНИЯ 48

9 КРАНОВЫЕ ПУТИ 50
9.1 Общие требования к путям 50
9.2 Расчетные нагрузки 50
9.3 Рельсы крановых путей 50
9.4 Стыки рельсов 50
9.5 Скрепления рельсов и установка их на упругие подкладки 52
9.6 Тупиковые фланцевые упоры 52
9.7 Точность установки путей 53
10 НАДЕЖНОСТЬ И ГАРАНТИИ 54
10.1 Показатели надежности 54
10.2 Гарантии изготовителя 54
10.3 Информация владельца о фактических показателях надежности крана. 54
ПРИЛОЖЕНИЕ А. СВЕДЕНИЯ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ВКЛЮЧЕНИЮ В ОПРОСНЫЙ ЛИСТ МОСТОВОГО КРАНА (ПРИМЕРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОПРОСНОГО ЛИСТА, СОСТАВЛЯЕМОГО ИЗГОТОВИТЕЛЕМ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ЗАКАЗЧИКА) 55
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАЗНАЧЕНИЮ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ГРУПП РЕЖИМА РАБОТЫ 58
ПРИЛОЖЕНИЕ В. ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУППЫ РЕЖИМА ЭЛЕМЕНТА СТАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ. 64
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ПЕРЕЧЕНЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРАНА, ПОДЛЕЖАЩИХ РЕГИСТРАЦИИ ИЗГОТОВИТЕЛЕМ И ПЕРЕДАЧЕ ЗАКАЗЧИКУ 65
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. СВЕДЕНИЯ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ВКЛЮЧЕНИЮ В ИНСТРУКЦИЮ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ КРАНА 66
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. ПЕРЕЧЕНЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, РЕКОМЕНДУЕМЫХ К РЕГИСТРАЦИИ ВЛАДЕЛЬЦЕМ В ХОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ КРАНА И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ПЕРЕДАЧИ ИХ ИЗГОТОВИТЕЛЮ 67
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. УКАЗАНИЯ ПО УСТАНОВКЕ И УСТАНОВОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ КРАНА 68
ПРИЛОЖЕНИЕ З. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕРКЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ И СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 76
ПРИЛОЖЕНИЕ И. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСКАЕМЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ (НЕ НАГРУЖЕННЫХ) 87
ПРИЛОЖЕНИЕ К. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПРОХОДЕ КОЛЕС КРАНА ПО СТЫКАМ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ 90
ПРИЛОЖЕНИЕ Л. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАМЕДЛЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ДВИЖУЩЕГОСЯ КРАНА (ИЛИ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКИ) С БУФЕРАМИ И УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ БУФЕРОВ 92
ПРИЛОЖЕНИЕ М ОСНОВНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ШАРНИРНЫХ ВАЛОВ ПО СТАНДАРТУ ФРГ DIN 15451 94

ПРИЛОЖЕНИЕ Н. НАГРУЗКИ ДЛЯ РАСЧЕТА ДЕЙСТВУЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ И ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ МЕХАНИЗМОВ (УПРОЩЕННАЯ МЕТОДИКА) 96

ПРИЛОЖЕНИЕ О. РАСЧЕТЫ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ 98

ПРИЛОЖЕНИЕ П. ВЫБОР ХОДОВЫХ КОЛЕС ПО НОРМАМ AISE (СПРАВОЧНОЕ) 100

ПРИЛОЖЕНИЕ Р. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ПРИВОДНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 102

ПРИЛОЖЕНИЕ С. РАСЧЕТ НА ИЗНОС (СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ) ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ГОЛОВКИ РЕЛЬСА 103

ПРИЛОЖЕНИЕ Т. БОЛТОВЫЙ СТЫК КРАНОВЫХ РЕЛЬСОВ. 104

ПРИЛОЖЕНИЕ У. УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЭЛЕКТРОСВАРНЫХ СТЫКОВ РЕЛЬСОВ 105

ПРИЛОЖЕНИЕ Ф. БОЛТОВЫЙ СТЫК С КОМПЕНСАЦИЕЙ СМЕЩЕНИЙ РЕЛЬСОВ (ТЕМПЕРАТУРНЫЙ СТЫК) 108

ПРИЛОЖЕНИЕ Х. КРЕПЛЕНИЕ РЕЛЬСОВ С ПОМОЩЬЮ КРЮЧЬЕВ 110

ПРИЛОЖЕНИЕ Ц. ЭЛАСТИЧНЫЕ И РЕГУЛИРУЕМЫЕ РЕЛЬСОВЫЕ КРЕПЛЕНИЯ GANTREX (ФИРМА GANTRY KRANTECHNIK GMBH)* 111

ПРИЛОЖЕНИЕ Ч. СХЕМЫ ТУПИКОВЫХ УПОРОВ 116

ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН 117

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 120

Введение

На предприятиях черной металлургии России для обслуживания основных технологических транспортно-складских процессов в настоящее время используются 6-8 тыс. кранов различных типов грузоподъемностью от 5 до 500 т, главным образом мостовых, изготовленных преимущественно в период 1940-1992г.г. Несмотря на то, что по паспортным характеристикам изготовителей краны должны быть рассчитаны на интенсивное использование (группы режима А6 - А8), фактически очень часто надежность и безопасность их работы оказывается недостаточной.

Практически все серийные электрические мостовые краны выпускались по одной схеме, разработанной еще в середине 40-х. годов. Так как в то время первоочередной являлась задача оснащения металлургической промышленности грузоподъемными средствами, за основу были первоначально приняты краны производства предприятий США, характеризующиеся повышенными требованиями к надежности и ремонтопригодности. В частности, это обеспечивалось установкой подвергнутых объемной термообработке ходовых колес в легкосъёмных угловых буксах, выполнением всех зубчатых передач в виде редукторов, применением обладающих повышенной выносливостью коробчатых крановых мостов со сменными подтележечными рельсами и другими конструктивными особенностями.

Однако с течением времени основное внимание отечественных краностроителей было переключено на уменьшение как трудоемкости изготовления, так и металлоемкости кранов.

Так как краны всех групп режима изготавливались преимущественно по одним и тем же техническим условиям и однотипной технологии, надежность их в различных условиях эксплуатации оказалась разной. Претензии к надежности кранов групп А1-А4 практически отсутствуют, число претензий к кранам режимных группы А5 относительно невелико, а надежность кранов групп А6 - А8 в условиях интенсивной эксплуатации металлургического производства оказывается зачастую совершенно недостаточной, что сопряжено со значительными материальными потерями, в том числе и от простоев основного технологического оборудования.

Например, на надежность механизмов кранов отрицательно сказывается выполнение корпусов редукторов, канатных блоков и барабанов из серого чугуна и применение зубчатых муфт с прямолинейными образующими зубьев. Недостаточная твердость рабочих поверхностей зубчатых и ходовых колес снижает долговечность этих элементов.

У мостов площадку обслуживания часто предусматривают только с одной стороны, что затрудняет обслуживание механизмов и электрооборудования кранов. Крепление площадок к балкам не надежно. Толщины листов пролетных и концевых балок уменьшают до минимума, определяемого несущей способностью при действии статических нагрузок.

Подтележечные рельсы крепят при помощи приварных ребер-петушков, удаление которых при замене рельсов приводит к повреждению поясных листов. Недостаточна прочность надбуксовых участков концевых балок, неудолетворительна защита электрооборудования от воздействия среды и т.д.

Следует одновременно отметить, что перечисленные выше недостатки в значительной мере лишены специальные металлургические краны производства ПО Ленподъемтрансмаш, ПО Сибтяжмаш, завода Вторчермета в г. Горьком, а также некоторых зарубежных фирм, например, Krupp, MAN и др.

Пути и средства к обеспечению необходимого уровня качества кранов, в общем, известны. Однако реализации их в существовавших прежде условиях препятствовало сопряженное с повышением надежности кранов существенное увеличение, как их металлоемкости, так и стоимости.

В настоящее время, в связи с изменением хозяйственных отношений, ряд предприятий оказался реально заинтересованным в оснащении производства кранами, лишенными отмеченных выше недостатков.

Поэтому, актуальным является создание руководства по расчету и проектированию кранов для предприятий черной металлургии, учитывающего специфические особенности их устройства, и направленного на обеспечение их высокой эксплуатационной надежности.

Специальные металлургические краны по характеру выполняемой работы являются, по существу, технологическим оборудованием металлургического производства, эксплуатирующимся в интенсивном режиме. Остановки этих кранов на внеплановый ремонт приводят к простоям или снижению производительности основного технологического оборудования и значительным убыткам. Поэтому к надёжности специальных металлургических кранов предъявляются повышенные требования. Металлургические краны являются весьма дорогостоящим оборудованием. Замена этих кранов в условиях действующего производства сопряжена с существенными убытками, связанными с необходимостью остановки или ограничения производительности металлургических агрегатов на период демонтажа существующего крана и монтажа нового крана. В связи с этим специальные металлургические краны нередко эксплуатируются по 30-50 лет.

В процессе работы металлургические краны подвергаются воздействиям от технологического оборудования: воздействиям температуры, агрессивной среды, технологической пыли и т.д. При проектировании крана необходимо учитывать режимы и условия его эксплуатации применительно к конкретному металлургическому оборудованию. Для этого изготовителю крана следует разработать опросный лист, в котором для заказчика предусматривается возможность выбора (в определенных переделах) вариантов скоростных показателей крана, форм конструктивного выполнения отдельных элементов крана (например, ребордных и безребордных ходовых колес, приводов переменного или постоянного тока и т.д.). Примерный перечень сведений, рекомендуемых к включению в опросный лист, приведен в приложении А.

При составлении «Руководства» учтен опыт «ВНИИПТМАШ» расчета и проектирования кранов для условий интенсивной эксплуатации, а также подразделений комбината «Северсталь» по эксплуатации и модернизации кранов, материалы отечественных предприятий, в особенности ОАО «Сибтяжмаш», сведения об эксплуатации кранов на ведущих металлургических предприятиях и предложения этих предприятий по усовершенствованию кранов. Использованы рекомендации норм проектирования кранов для предприятий черной металлургии США ASEA N6, некоторых зарубежных стандартов и материалы ряда зарубежных предприятий.

Недостаточное внимание в настоящее время уделяется взаимодействию кранов с подкрановыми конструкциями. Поэтому, в руководство включен раздел, посвященный определению нагрузок на крановые пути, а также рекомендации по установке крановых рельсов. Здесь использованы нормы США на сооружения металлургических предприятий ASEA N13, а также материалы фирмы Gantry (ФРГ) по установке крановых рельсов.

Содержащиеся в «Руководстве» указания разработаны применительно к особенностям кранов, предназначенных для поставки на предприятия Российской Федерации. При поставке кранов в другие страны, следует в установленном порядке учитывать действующие в этих кранах требования.

Указания и требования «Руководства» составлены, в основном, применительно к особенностям конструкций мостовых кранов металлургических предприятий. Они могут быть также в значительной мере применены и к кранам других типов, например, консольным, и мостовым перегружателям. Эти материалы рекомендуется также учитывать при проектировании кранов, обслуживающих другие производства и работающие в условиях повышенной интенсивности.

В «Руководство» включены только общие указания, характерные для всех типов грузоподъемных кранов, предназначенных для обслуживания транспортно-технологических процессов металлургических предприятий. Оно не учитывает специфические требования к кранам, предназначенным для эксплуатации во взрывоопасных и пожароопасных средах.

Для ознакомления заинтересованных специалистов с вопросами, относящимся как к конструкциям менее интенсивно эксплуатируемых кранов, так и строительными и другими конструкциями, которые могут представить интерес применительно к рассматриваемым машинам, приведены ссылки на соответствующие документы и литературные источники, в том числе и зарубежные.

«Руководство» основывается на нормативных материалах, действующих в Российской Федерации в 2006г, как общегосударственных, так и отраслевых. При этом следует учитывать, что, в соответствии с Федеральным законом о техническом регулировании № 184, принятым в 2002г, система стандартизации Российской Федерации должна претерпеть существенные изменения [67].

Авторы выражают благодарность специалистам краностроительных и металлургических предприятий, проектных организаций и высших учебных заведений, приславших свои замечания по первоначальной редакции этой работы.

1 ТЕРМИНОЛОГИЯ

В дополнение к терминам и определениям, приведённым в действующей в настоящее время нормативной документации, в Руководстве используется следующая терминология:

Транспортно – технологические процессы – процессы, предусматривающие в рамках технологического процесса предприятия погрузку и выгрузку, перемещение и установку изделий, оборудования, заготовок, полуфабрикатов и материалов всех основных видов, используемых при производстве продукции предприятий черной металлургии.

Срок службы расчетный (установленный) – определенный проектом календарный срок службы крана до списания, соответствующий установленным паспортом условиям использования крана.

Цикл работы крана – цикл перемещения груза при работе крана, включающий в себя, как правило, опускание грузозахватного органа, захват и подъем груза, перемещение его к месту разгрузки, опускание груза и его освобождение, подъем грузозахватного органа и возвратное его перемещение.

Цикл нагружения элемента стальной конструкции – цикл изменения напряжений, действующих в элементе конструкции за цикл работы крана.

Нагрузка подвижная – суммарная нагрузка от масс номинального груза и грузовой тележки с грузозахватным устройством.

Перегрузки коэффициент – коэффициент, относимый к весовым нагрузкам, и учитывающий увеличение веса, возможное вследствие действия случайных факторов, которые могут возникать при эксплуатации, монтаже или транспортировке крана; вводится при проверке металлической конструкции по критерию статических прочностных характеристик материала.

Строительный подъем - отклонение пролетных балок моста вверх, обеспечивающее компенсацию упругого прогиба балок от подвижной нагрузки.

Торможение аварийное – торможение, обеспечивающее срочную остановку механизма по сигналу предохранительного устройства или возникновению аварийной ситуации.

Торможение стопорное – торможение, обеспечивающее стопорение механизма после полной остановки (или существенного уменьшения скорости движения) механизма.

Торможение служебное – торможение, обеспечивающее остановку (снижение скорости) рабочих движений механическим путем, без участия (или только с частичным участием), электрического привода.

2 УСЛОВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ КРАНОВ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

2.1 Общие условия на месте установки крана.

Климатические условия.

Климатические исполнения кранов регламентируются ГОСТ 15150 [10].

Грузоподъемные краны, в зависимости от особенностей обслуживаемого ими технологического процесса, могут размещаться на открытом воздухе, под навесом, в не отапливаемом помещении и в отапливаемом помещении. Находят применение климатические исполнения У; УХЛ, ТУ, а также ХЛ, категорий размещения от 1 до 4.

При размещении на открытом воздухе применяют краны категории 1.1; под навесом -2.1.

Размещению в не отапливаемых и нерегулярно отапливаемых помещениях, соответствует категория 3.1, а в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями (отопление, вентиляция и т.п.) – 4.1.

Для кранов исполнений У1 – У3, при отсутствии дополнительных требований диапазон рабочих температур обычно принимают от минус 40 до плюс 40^{0}С, а исполнений У; ТУ – от 0 до плюс 40^0 С.

Для кранов исполнений У3 – У4, находящихся в зоне действия источников интенсивного теплоизлучения, верхний предел температуры часто устанавливают 60^{0}С.

Следует, однако, иметь в виду, что иногда требуемый заказчиками указанный высокий предел температуры обусловлен нежелательными особенностями производственного технологического процесса или недостаточной вентиляцией помещения.

Создание кранов, рассчитанных на эксплуатацию при температурах выше 60^{0}С, как правило, затруднено – сложности в подборе электрооборудования, обеспечения необходимой эффективности действия климатической установки кабины и др. Поэтому, рекомендуется рассмотреть возможности устранения причин перегрева (изменение размещения технологического оборудования, усовершенствования вентиляции и т.д.).

Краны для работы в холодном климате (ХЛ, УХЛ) разрабатывают по специальным техническим условиям.

Состав атмосферы.

Требования к составу атмосферы (влажность, газы, механические примеси) должны быть определены в техническом задании на кран.

При отсутствии дополнительных требований и атмосфере не агрессивной или слабоагрессивной (по СНиП 2.03.11-85 [30]) влажность принимают в 95% при температуре плюс 20^{0}С, постоянная концентрация графитовой пыли и взвешенной окалины до 100мг/м3.

Размещение кранов в помещениях с пожароопасными и взрывоопасными средами.

Такие требования, как правило, редко предъявляют к кранам, обслуживающим предприятия черной металлургии. Взрывозащищенные краны и пожаробезопасные краны характеризуются более сложной конструкцией, в особенности, если следует обеспечить их эксплуатацию в условиях группы режима А6 и выше.

Требования к устройству таких кранов изложены в нормах [50,51]. Для оценки критерий взрыво- и пожароопасности объектов размещения кранов следует пользоваться указаниями норм МЧС России [39].

Ветровые нагрузки.

Ветровые нагрузки определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 1451 [1].

Для кранов, установленных на открытом воздухе и под навесом (при отсутствии сооружений или конструкций полностью или частично защищающих кран от воздействия ветра) динамическое давление ветра нерабочего состояния на кран, в зависимости от места его установки, принимают в соответствии с требованиями этого стандарта.

Предусмотренная этим стандартом величина динамического давления ветра рабочего состояния в 125 Па не всегда может обеспечить надежное действие кранов. Поэтому, рекомендуется это давление принимать в 250 Па, как это регламентировано, например, стандартом ИСО 4302:81 [55].

Дополнительные указания по определению ветровых нагрузок (аэродинамические сопротивления конструкций отдельных видов, алияние затенения, учет особенности местности установки крана) можно, при необходимости, найти в СНиП 2.01.07-85* [28] и в работах [70,83,89].

Сейсмостойкость кранов.

При расчетной сейсмичности площадки размещения крана до 6 баллов включительно по СНиП II –7 - 81* [31] проверку кранов на сейсмостойкость не производят.

При более высокой сейсмичности необходимо проверить элементы крана на действие сейсмических нагрузок.

Так как краны, как правило, устанавливают не непосредственно на грунт, а на сооружения, для оценки действующих на кран сейсмических нагрузок следовало бы знать закономерности перемещений крановых путей (спектр отклика несущей конструкции), см. например, [64]. Если такие данные отсутствуют, ограничиваются указаниями ГОСТ 30546.1 [19], где учтено влияние высоты расположения крана над уровнем земли.

Для кранов групп режима до А5 включительно оценку действующих на кран вертикальных сейсмических нагрузок при работе механизма подъема допускается производить без учета подвешенного на крюке груза, а горизонтальные нагрузки определять в предположении, что смещению моста и тележки препятствуют силы трения между заторможенными колесами и рельсами.

Для более высоких групп режима исходные условия для определения нагрузок должны быть оговорены в техническом задании на крвн.

Расчет сейсмических нагрузок целесообразно производить на основании требований [19,31], причем для динамического анализа протекающих в несущей конструкции процессов рекомендуется применять метод конечных элементов.

Дополнительные указания по сейсмическому расчету кранов (показатели поглощения энергии в конструкции крана, учет распределения масс и т.д.) – см. [85].

Для ориентировочной, предварительной оценки можно принять, что сейсмические нагрузки на массы элементов конструкции кран равны для любого из направлений 25; 50 и 100% от веса элемента при уровне сейсмичности соответственно в 7; 8 и 9 баллов.

Для ограничения сейсмических нагрузок краны оборудуют демпфирующими устройствами различного рода, получившими широкое распространение в строительных и машиностроительных конструкциях [62,67]. В последнее время начинают внедряться электронные устройства активного гашения вибраций крановых конструкций [99].

2.2 Классификация кранов и их элементов по группам режима работы.

Основные положения классификации.

Применительно к грузоподъемным кранам находят применение следующие системы классификации:

- кранов в целом;
- механизмов кранов;
- элементов несущих стальных конструкций.

Система классификации кранов в целом учитывает только выработку крана за срок его службы до списания, т.е. количество перемещенного краном груза.

Система классификации механизмов крана учитывает длительность действия механизма за срок его службы (или за период до капитального ремонта механизма) и совокупность спектральных распределений действующих на выходное звено механизма за этот период нагрузок (крутящих моментов).

Система классификации элементов стальных несущих конструкций учитывает совокупность спектральных распределений действующих в элементах напряжений за срок службы стальной конструкции, который обычно принимают равным сроку службы крана.

Для электрооборудования, включая и приводные двигатели, используют систему классификации механизмов.

Классификация кранов в целом и их механизмов регламентирована стандартом ИСО 4301/1 [54].

Классификация кранов в целом.

Эта система классификации применяется для оценки соответствия крана величине заданной выработки; ее показатели используют также в качестве исходной базы при отнесении элементов крана к соответствующим классификационным группам. В отдельных случаях, когда нагрузочные условия определятся только весом груза и числом циклов работы крана (например, при расчете грузовых крюков), данная система может быть для непосредственного расчета элементов крана.

Классификационная группа режима кранов в целом определяется по таблице 2.1 в зависимости от сочетания класса использования ($U_0 \ldots U_9$), характеризующегося величиной максимального числа циклов работы крана за срок его службы, и класса нагружения (Q1 – Q4).

Класс нагружения крана определяется величиной коэффициента спектрального распределения перемещаемых краном грузов Кр, определяемого по формуле (2.1):

$$K_p = \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{C_i}{C_T} \times \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^m \right], \qquad (2.1)$$

Где C_i – среднее число рабочих циклов с частным уровнем массы груза Pi

C_T – суммарное расчетное число циклов работы крана за расчетный срок его службы;

Pi – значения частных масс отдельных уровней при типичном применении крана;

P_T – масса наибольшего груза (номинальный груз), который разрешается поднимать краном;

n – число уровней значений частных масс груза;

m- показатель наклона графика усталости (кривая Велера); который принимают m=3.

Учитываются грузы, перемещаемые краном, включая грузоподъемные магниты, грейферы и другие сменные грузозахватные органы.

Расчетный (установленный) срок службы крана назначается по согласованию с заказчиком; его рекомендуется принимать не менее 20 лет и не более 50 лет. В обоснованных случаях этот срок может быть уменьшен - например, до 10 лет.

Рекомендации по назначению групп режима работы кранов, включающие ориентировочные сведения по группам режима для кранов наиболее распространенных типов, по соотношению между группами режимами работы кранов и механизмов, по использованию различных кранов во времени, а также и пример расчетного определения группы режима крана, приведены в Приложении Б.

Необходимо иметь в виду, что для кранов, транспортирующих расплавленный или нагретый до температуры свыше 400^0С металл, вне зависимости от интенсивности их использования, группу режима работы не следует принимать ниже А6.

Таблица 2.1 построена таким образом, что для каждой из групп режима произведение числа циклов работы на коэффициент распределения нагрузок является величиной постоянной:

$$Ui \times Pc = const \qquad (2.2)$$

Используя эту зависимость можно при заданном одном из показателей определять величину другого показателя.

Например, для группы режима А5 это произведение равно $1{,}23 \times 10^5$. При числе циклов работы $C_m = 3 \times 10^5$, предельно допускаемая величина коэффициента Pc составит 0,41. Если известны соотношения между частными значениями Pi, то можно рассчитать и их абсолютные значения.

Таблица 2.1-Группы классификации (режима) крана в целом

Класс спектра	Коэффициент распределения нагрузок, K_p	Класс использования и соответствующее ему число тысяч циклов нагружения									
		U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9
		16	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	более 4000
Q1 - легкий	0,125			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2 – умеренный	0,25		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
Q3 – тяжелый	0,5	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8		
Q4 – весьма тяжелый	1,0	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			

Классификация механизмов кранов.

Классификационная группа режима работы механизмов кранов определяется по таблице 2.2 в зависимости от сочетания класса использования механизма ($T_0 \ldots T_9$), характеризующегося общей продолжительностью использования механизма за срок его службы (в часах), и класса нагружения (L1 – L2).

В общую продолжительность использования включают время, как рабочих, так и холостых ходов механизмов.

Класс нагружения механизма определяется величиной коэффициента спектрального распределения испытываемых механизмом нагрузок (включая также и нагрузки периодов неустановившегося движения) Km,, определяемого по формуле (2.3):

$$Km = \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{t_i}{t_T} \times \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^m \right], \qquad (2.3)$$

где ti –средняя продолжительность использования механизма при частных уровнях нагрузки Pi;;

t_T – общая суммарная продолжительность при всех частных уровнях нагрузки;

Pi – значения частных нагрузок отдельных уровней при типичном применении крана;

$Pmax$ – значение наибольшей нагрузки, которое испытывает механизм;

n – число уровней значений частных нагрузок;

m- показатель наклона графика усталости (кривая Велера); который принимают m=3.

Таблица 2.2-Группы классификации (режима) механизмов

Режим нагруженя	Коэффициент распределения нагрузок, K_m	Класс использования и соответствующее ему число тысяч часов работы механизмов									
		T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9
		0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100
L1 – легкий	0,125			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
L2 – умеренный	0,25		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
L3 – тяжелый	0,5	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8		
L4 –весьма тяжелый	1,0	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8			

Для кранов легких групп режима (А1 – А2) проведение капитального ремонта обычно не предусматривают. В этом случае, расчетную продолжительность работы механизма назначают, исходя из срока службы крана.

Для остальных кранов расчетную продолжительность работы механизма принимают равной длительности межремонтного цикла. При отсутствии дополнительных требований она может быть принята 1600ч; 9000ч; 11000ч и 16000ч для кранов групп режима соответственно А3; А4-А5; А6-А7 и А8.

Данная классификационная система может быть также использована для оценки интенсивности использования отдельных элементов механизма, которые могут иметь сроки длительности эксплуатации, отличные от приведенного выше.

Классификация режима работы электрооборудования.

Для классификации режима работы электрического оборудования, включая и приводные двигатели, используют систему режимной классификации механизмов, для привода которых используют соответствующие элементы электрооборудования.

Классификация элементов несущих стальных конструкций крана.

Для классификации элементов стальных конструкций рекомендуется использовать за основу методику, учитывающую особенности их нагружения и регламентированную Правилами FEM [59].

Показатели групп (Е1 – Е8) режима работы (нагружения) элемента стальной конструкции определяются на основании классификационной группы режима работы крана по стандарту ИСО 4301/1, с учетом особенностей нагружения элемента в процессе работы крана - в зависимости от показателей классов нагружения (Р1-Р4) и использования (В1-В8) (таблица 2.3).

Таблица 2.3-Группы режима элементов стальной конструкции

Класс спектра	K_{pc}	Класс использования и соответствующее ему число тысяч циклов нагружения										
		B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
		До 16	Св.16 до 32	Св.32 до 63	Св.63 до 125	Св.125 до 250	Св.250 до500	Св.500 до 1000	Св 1000 до 2000	Св.2000 до 4000	Св.4000 до 8000	Св.8000
P1	до 0,125	E1	E1	E1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
P2	св.0,125 до 0,25	E1	E1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E8
P3	св. 0,25 до 0,5	E1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E8	E8
P4	Св.0,5 до 1,0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E8	E8	E8
Примечание - Для предварительных расчетов допускается принимать группу режима стальной конструкции соответствующей группе режима работы крана в целом.												

Класс нагружения элемента конструкции характеризуется величиной коэффициента спектрального распределения действующих в элементе напряжений K_{pc}, определяемого по формуле (2.4):

$$K_{pc} = \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{B_i}{B_T} \times \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^m \right], \qquad (2.4)$$

где Bi – расчетное число циклов нагружения с частным уровнем Pi величины напряжений;

B_T – суммарное расчетное число циклов нагружения за срок службы элемента;

Pi – значения напряжений частных уровней;

P_T – значение наибольшего расчетного напряжения, действующего за срок службы элемента;

n – число уровней частных расчетных напряжений;

m – показатель наклона графика усталости (кривая Велера); для категорий концентрации напряжений элементов 8; 7-3 и 2-1 принимают соответственно $m = 3, 4$ и 6.

Пример определения группы режима элемента стальной конструкции – см. приложение В.

Другие системы классификации режимов.

В Российской федерации до настоящего времени формально действуют стандарты, регламентирующие группы режима работы кранов (ГОСТ 25546 [15]) и их механизмов (ГОСТ 25835 [16]).

В действующей с 1993г редакции Правил Госгортехнадзора [25] начато внедрение стандарта ИСО 4301/1. При этом принято следующее соответствие стандартов, регламентирующих группы режимов механизмов:

ГОСТ 25835	1М	1М	1М	2М	3М	4М	5М	6М
ИСО 4301/1	М1	М2	М3	М4	М5	М6	М7	М8

В стандартах, регламентирующих группы режима работы кранов, имеет место следующее соответствие:

ГОСТ 25546	1К	2К	3К	4К	5К	6К	7К	8К
ИСО 4301/1	А1	А2	А3	А4	А5	А6	А7	А8

Следует иметь в виду, что в ГОСТ 25546 включен дополнительный класс нагружения Q0, соответствующий коэффициенту нагружения $Kp = 0{,}063$, и не предусмотренный стандартом ИСО 4301/1.

В редакцию Правил Госгортехнадзора 2000г [26] включены только стандарты ИСО.

Действующими до 1993г Правилами устройства и эксплуатации грузоподъемных кранов (см. например [24]) регламентированы только режимы работы механизмов – ручной (Р), легкий (Л), средний (С), тяжелый (Т) и весьма тяжелый (ВТ). При этом режим работы крана в целом устанавливается по механизму главного подъема.

Для мостовых кранов могут быть приняты следующие соотношения между режимами работы по Госгортехнадзору и ИСО:

Госгортехнадзор	Р	Л	С	Т	ВТ
ИСО	А1	А1-А3	А3-А5	А6-А7	А8

Более точное отнесение крана к той или иной группе режима требует расчетной проверки по показателям работы крана.

При отсутствии дополнительных данных за основу можно принимать записи в паспорте крана. В этом случае для режимов легкого, среднего и тяжелого рекомендуется принимать соответственно группы режима А2; А5 и А7.

Для механизмов кранов могут быть приняты следующие ориентировочные соотношения между режимами работы по Госгортехнадзору и ИСО:

Госгортехнадзор	Р	Л	С	Т	ВТ
ИСО	М1-М3	М4-М5	М6- М7	М7	М8

3 ОСНОВНЫЕ ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КРАНАМ

3.1 Особенности технической и эксплуатационной документации.

Основные нормативные документы, подлежащие учету при разработке проектов кранов.

Краны должны соответствовать требованиям действующих Правил Госгортехнадзора [25] и Правилам Устройства Электроустановок [27].

Конструкция крана должна также отвечать требованиям ГОСТ Р 51333-99 [21], включая также и требования, регламентированные нормами на условия хранения и транспортировки [23].

Следует учитывать также требования других действующих в РФ нормативных документов, ссылки на которых приведены в соответствующих разделах «Руководства».

Особенности технического задания на кран.

Минимальный объём сведений, указываемых в техническом задании, должен соответствовать объёму сведений, содержащемуся в приложении А. Кроме того, техническое задание должен содержать данные, поясняющие работу технологического комплекса производственного объекта в целом (чертежи, текстовые документы и т.д.) и требования, предъявляемые технологией выполняемых работ к конструкции крана, в том числе:

- производительность,
- характеристики транспортируемого материала и изделий,
- требования к сохранности транспортируемого материала,
- расположение органов управления краном;
- требования к грузозахватному органу и особенности его конструкции;
- предоставленные габариты в плане и по высоте для размещения крана;
- требования к автоматизации выполняемых работ.

Опросный лист.

Изготовителю крана следует разработать опросный лист, в котором для заказчика предусматривается возможность выбора (в определенных пределах) вариантов скоростных показателей крана, форм конструктивного выполнения отдельных элементов крана (например, ребордных и безребордных ходовых колес, приводов переменного или постоянного тока и т.д.). Примерный перечень сведений, рекомендуемых к включению в опросный лист, приведен в приложении А.

В состав опросного листа целесообразно также включать, в качестве приложения, изложенные выше, в разделе 2, сведения, необходимые для оценки режима (групп режима) работы крана, включая и пример определения группы режима.

Состав и содержание документации, подлежащих предоставлению совместно с краном.

Совместно с краном, изготовитель крана предоставляет заказчику результаты проверок, полученные при приемо-сдаточных испытаниях, которым должен подвергаться каждый кран.

Рекомендуемый перечень показателей, регистрируемых при испытаниях, для передачи изготовителем заказчику, приведен в приложении Г.

В состав Инструкции по эксплуатации крана рекомендуется включать сведения, способствующие повышению безопасности работы крана (Приложение Д).

В состав поставляемой с краном документации рекомендуется также включать форму хранящегося при паспорте крана журнала для регистрации показателей, характеризующих фактическое состояние крана, для последующей передачи этих сведений изготовителю крана.

Примерный перечень подлежащих регистрации показателей приведен в приложении Е.

Установка кранов и установочный чертеж крана.

Изготовителю крана рекомендуется, с использованием исходных материалов заказчика, разработать установочный чертеж крана, который должен быть приложен к паспорту крана при пуске последнего в эксплуатацию. Пример установочного чертежа и указания по установке кранов в производственных зданиях – см. Приложение Ж

3.2 Требования к монтажу крана.

Конструкция крана должна обеспечить как минимальную трудоемкость монтажа как крана при его установке, так и монтажа и демонтажа его отдельных узлов и элементов при ремонтах (том числе и при использовании для этих целей стреловых самоходных кранов).

Монтаж крана и его частей (сборка и разборка) должен проводиться с помощью стандартного инструмента и приспособлений. В случае использования нестандартных инструмента и приспособлений, они должны поставляться совместно с краном по требованию заказчика.

Соединение монтажных марок рекомендуется выполнять с помощью болтовых соединений или на закладных пальцах.

В соединениях следует предусматривать дополнительные элементы (устанавливаемые с напряженной посадкой болты, заточки у фланцевых соединений, приварные упоры и т.п.), точно фиксирующие взаимное положение частей и узлов конструкций при сборке крана.

На элементах конструкций следует предусматривать марки, позволяющие при сборке (и при последующих ремонтах) контролировать взаимное положение частей конструкций.

3.3 Лестницы, площадки, средства защиты.

Лестницы и площадки, защитные кожухи и ограждения.

Обе пролетные балки моста и концевые балки крана должны быть по всей длине оборудованы площадками обслуживания, снабженными с внешних сторон ограждениями.

Ширину свободного прохода по площадкам рекомендуется предусматривать не менее 600 мм.

Лестницы, устанавливаемые на кране, рекомендуется выполнять с шириной ступеней не менее 600 мм.

Защита от запыления и перегрева.

На кранах, работающих в условиях повышенного запыления, следует предусматривать установку обдувочных компрессоров со шлангами. У ходовых колес крана и тележки следует устанавливать щетки для удаления пыли с рельсов.

Конструктивное выполнение элементов металлоконструкций и механизмов, а также их сопряжений, должно исключать образование карманов и других открытых полостей, в которых могут скапливаться частицы пыли.

Для предотвращения попадания в полости конструкций пыли, предусматриваемые в элементах конструкции, окна рекомендуется закрывать съемными крышками, снабженными уплотнительными прокладками.

Элементы стальных конструкций, находящиеся в зоне интенсивного теплового облучения, должны быть защищены легкосъемными экранами. Последние рекомендуется располагать с зазорами не менее 60 мм от конструкций

4 ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И РАСЧЕТА НЕСУЩИХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.

4.1 Общие положения

При проектировании, выполнению и расчете стальных конструкций грузоподъемных кранов металлургических предприятий рекомендуется использовать нормативы и литературные источники, в которых содержатся материалы, распространяющиеся на крановые конструкции, а также и на строительные и т.п. конструкции (см. [29, 32, 51, 84, 90 - 92]).

В настоящем «Руководстве» излагаются основные указания и требования, которые рекомендуется учитывать при разработке и расчете несущих стальных конструкций кранов интенсивного использования, предназначенных для использования в металлургической промышленности, и дополняющие сведения, известные из перечисленных выше источников.

Проект стальной конструкции должен разрабатываться, исходя из требований технологического процесса изготовления крана, обеспечивающего заданные механические качества сварных соединений для ожидаемых условий использования крана, в сочетании с минимально возможными уровнями сварочных деформаций конструкции и возникающих в элементах конструкции сварочных напряжений.

4.2 Соединения.

Сварные соединения

Рекомендации по выполнению сварных соединений, и по контролю их качества – см. [29,33,43, 79,103].

Сварные швы, основных несущих элементов конструкций, эксплуатируемых в условиях группы режима А8, рекомендуется подвергать дополнительной обработке (механическая обработка, заглаживание шва механическим инструментом, поверхностным наклепом, или, что более целесообразно, аргонно-дуговой обработке, и т.п.).

Указания по механической обработке сварных швов – см. [48]. Выбор конкретного метода дополнительной обработки определяется при разработке технологического процесса изготовления конструкции [90, 91].

Применение прерывистых швов допускается только в соединениях слабонагруженных, нерасчетных, элементов.

Болтовые соединения.

В несущих конструкциях кранов для скрепления сдвигающихся один относительно другого элементов применяют сдвигоустойчивые соединения фрикционные на высокопрочных болтах, или на болтах, устанавливаемых в отверстия из-под развертки.

Примечание Фрикционно–срезные соединения, с восприятием части действующих нагрузок за счет сил трения, и другой части – за счет непосредственного контакта стержня болта с поверхностью гнезда, для использования в несущих конструкциях не рекомендуются.

Для фрикционных соединений применяют высокопрочные болты, устанавливаемые с обязательным контролем натяжения. Должна быть обеспечена возможность доступа к болтам для контроля их натяжения в процессе эксплуатации.

Соединения с болтами, устанавливаемыми из-под развертки часто применяют для точной фиксации соединяемых элементов конструкции.

Для слабо нагруженных элементов допускается применять болты по ГОСТ 7817 класса точности А [5], устанавливаемые с радиальным зазором в 0,2 – 0,5мм. Однако, для ответственных соединений рекомендуется устанавливать болты с посадкой, исключающей возникновение таких зазоров (например, Н7/р6).

Проверку соединяемых элементов на прочность производят по их ослабленному отверстиями сечению.

Указания по выполнению и расчету соединений – см. [29,32,82, 91].

4.3 Материалы.

Для изготовления несущих элементов стальных конструкций следует применять стали, пригодные для сварки промышленными методами, и обладающие следующими механическими характеристиками в диапазоне рабочих температур крана:

- предел текучести не ниже 240 МПа;
- относительное удлинение $\delta 5$ не ниже 18%;
- ударная вязкость не ниже 29 Дж/см2.

В грузоподъемных кранах предусмотрено использование сталей и сварочных материалов марок, включенных в РД 24.090.52-90 [42].

В соответствии с действующим положением, применение материалов других марок (или тех же материалов, но для не предусмотренных этим РД условий), по действующему в настоящее время положению, должно быть согласовано с головной краностроительной организацией.

В случае использования материалов, не предусмотренных указанным РД, а также при поставке кранов за рубеж, для предварительной оценки возможности применения материала при различных температурах окружающей среды можно воспользоваться методиками, принятыми в ряде зарубежных и международных норм, например, в Правилах FEM 1.001 [59] .

Должна быть обеспечена нормированная работа удара материала J (проба с V – образным надрезом) в 27 Дж в диапазоне температур от плюс 20 до минус 40^{0}С при определенном числе суммы баллов Σqi, устанавливаемых в зависимости от температуры эксплуатации, а также показателей материала и концентрации напряжений в соединении (таблицы 4.1 и 4.2).

Таблица 4.1-Значения баллов для выбора материала

№п.п.	Показатели		q_i
1	Температура, Т (^{0}С) при эксплуатации крана	$0 \le T$	0
		$-20 \le T < 0$	1
		$-40 \le T < -20$	2
		$-50 \le T < -40$	4
2	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	$\sigma_т \le 300$	0
		$300 < \sigma_т \le 460$	1
		$460 < \sigma_т \le 700$	2
		$700 < \sigma_т \le 1000$	3
		$\sigma_т < 1000$	4
3	Толщина материала, мм Эквивалентная толщина t для сплошных элементов	$t \le 10$	0
		$10 < t \le 20$	1
		$20 < t \le 50$	2
		$50 < t \le 100$	3

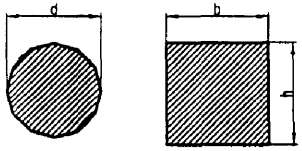
№п.п.	Показатели		q_i
	 $T = \frac{d}{1,8}$, для $\frac{b}{h} < 1,8$; $t = \frac{b}{1,8}$	t < 100	4
4	Группа сварного соединения по степени концентрации, см. приложение К.	1 - 2	0
		3 - 4	1
		5 - 6	2
		7 - 8	3

Таблица 4.2- Температура проверки ударной вязкости, устанавливаемая в зависимости от суммы баллов Σq_i.

Сумма баллов по таблице 4.1	$\Sigma q_i \leq 3$	$4 \leq \Sigma q_i \leq 6$	$7 \geq \Sigma q_i \leq 9$	$\Sigma q_i \geq 10$
Температура проверки ударной вязкости, t^0 С	+20	0	- 20	- 40

Не сварные элементы, в том числе крепежные изделия, должны изготавливаться из материалов, обладающих следующими механическими характеристиками в диапазоне рабочих температур крана:

- относительное удлинение δ_5 не ниже 12%
- ударная вязкость не ниже 29 Дж/см^2.

Применяемые для изготовления сварных элементов конструкций материалы должны в обязательном порядке проходить входной контроль в соответствии с требованиями РД 24.090.100-99 [44].

4.4 Сортамент.

Вне зависимости от величины расчетных напряжений, толщины несущих элементов стальных конструкций не должны быть менее следующих значений:

- пояса пролетных балок – 12 мм;
- стенки пролетных балок – 6 мм; для кранов режимной группы А6 –А8, а также для балок, подвергающихся при работе крана интенсивному нагреву – не менее 8 мм;
- пояса и стенки концевых балок – 10 мм;
- диафрагмы и продольные и поперечные ребра жесткости – по толщине стенок, но не менее 6 мм.

Несущие конструкции из профильного проката (например, шахты кабин) – угловые профили 125х25х10, швеллеры № 16.

Элементы ограждений, лестницы, и другие вспомогательные элементы не следует выполнять из элементов с толщиной стенок менее 4 мм.

Несущие элементы конструкции не следует выполнять из элементов, изготовленных способом холодной гибки (гнутых профилей).

Для настилов площадок, галерей, и ступеней лестниц кранов, эксплуатируемых в помещениях с высоким уровнем запыленности рекомендуется применять перфорированные листы. При этом не следует использовать листы из просечно-вытяжной стали, не обладающие

необходимой механической прочностью при действии характерных для кранов вибрации и динамических нагрузок.

4.5 Рекомендации по проектированию и выполнению элементов стальных конструкций.

Основные размерные соотношения.

Отношение высоты сечения пролетной балки моста h к пролету l не должно быть менее 1:18 в соответствии с рисунком 4.1.

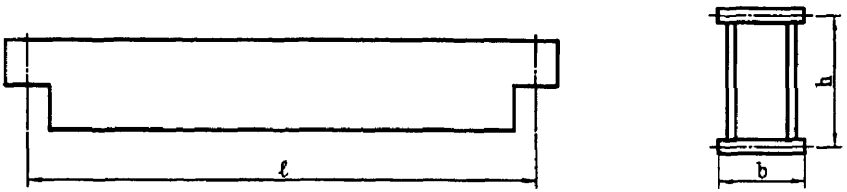


Рисунок 4.1-Основные размеры пролетной балки.

Отношение длины балки к ее ширине должно приниматься в пределах $l/b \leq 60$, но не более: $l/h \times \sigma_в/\sigma_г$;

где $\sigma_в$ – напряжение в поясе балки от действия собственного веса и вертикальной подвижной нагрузки;

$\sigma_г$ – то же, от действия горизонтальной нагрузки.

Для пролетных балок кранов пролетом более 12 м должен быть предусмотрен строительный подъем, равный в сумме 100% прогиба балки от ее собственного веса и 50% прогиба от подвижной нагрузки.

Размеры опорной базы (для 4-колесных кранов по осям колес, для многоколесных кранов по осям крайних балансиров) не должны быть менее 1/6 пролета крана.

Рекомендуется, в особенности при скоростях передвижения кранов свыше 1,5 м/с, увеличивать размеры опорной базы до 1/5 пролета.

Выполнение отдельных элементов коробчатых балок мостов.

Верхние кромки диафрагм и поперечных ребер должны быть обработаны механически или с помощью плазменной резки для плотного примыкания к верхнему поясу пролетной балки. Диафрагмы и ребра должны быть приварены к поясам и стенкам двухсторонними швами, за исключением участка верхнего пояса протяженностью: $l_n = b_p + 2t_n$,

где b_p- ширина подошвы рельса;

t_n – толщина пояса, на котором приварка не предусматривается в соответствии с рисунком 4.2).

При этом достаточность толщины верхних кромок должна быть подтверждена расчетом; в случае необходимости диафрагмы и ребра должны быть усилены приваркой двухсторонних или односторонних накладок, толщину каждой из которых следует принимать не менее 6мм.

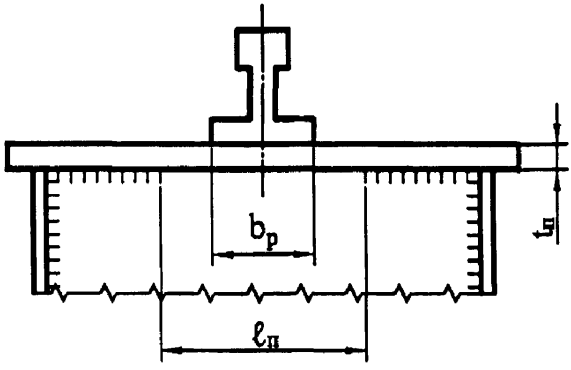


Рисунок 4.2-Схема опирания рельса на диафрагму

Продольные ребра жесткости должны быть проведены без перерывов через предусмотренные в диафрагмах окна.

Нижние кромки коротких (промежуточных) поперечных диафрагм (ребер) следует приваривать к продольным ребрам.

Высокие поперечные диафрагмы и поперечные ребра жесткости не следует доводить до растянутого пояса на расстояние от 4 до 6 толщин пояса.

Для кранов режимных групп А7 – А8 продольные ребра рекомендуется выполнять из швеллеров или угловых профилей, приваренных к стенкам кромками полок.

Для кранов группы режима А8 рекомендуется нижние кромки диафрагм и поперечных ребер жесткости выполнять с переходными участками в соответствии с рисунком 4.3, что должно снизить уровень концентрации напряжений в зоне обрыва диафрагм.

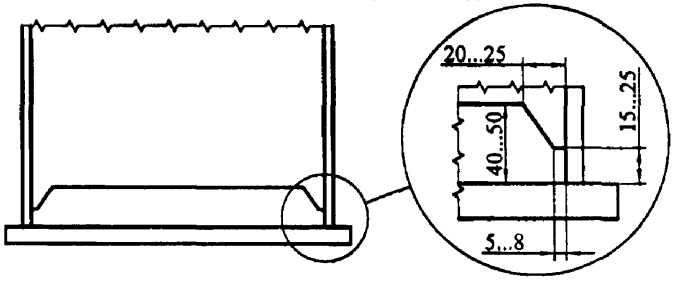


Рисунок 4.3-Пример выполнения нижних кромок диафрагмы

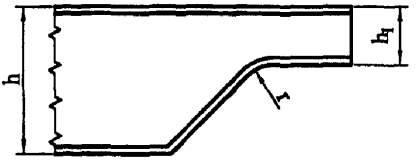
У кранов групп режима А7 – А8 подтележечные рельсы следует устанавливать на подкладочные полосы толщиной не менее 10 мм, приваренные к верхнему поясу по всей его длине сплошными швами. Скрепление отрезков рельсов между собой – при помощи сварки, или разъемное, посредством типовых болтовых накладок.

К поясу балки (подкладочной полосе) рельсы должны крепиться с помощью закрепляемых на болтах прижимов.

Концевые балки мостов кранов рекомендуется выполнять неразрезными, с креплением к пролетным балкам при помощи болтовых монтажных соединений.

Это требование не распространяется на мосты, у которых концевые балки опираются непосредственно на балансирные тележки. При этом балки соединяют между собой посредством шарнирных тяг.

При ступенчатых концах пролетных балок их следует очерчивать в соответствии с рисунком 4.4, причем должны быть выдержаны указанные на рисунке соотношения.



$$h_1 \geq 0{,}25h; \quad r \geq 0{,}1h_1.$$

Рисунок 4.4-Концевой участок пролетной балки

Не допускается выполнение вырезов (переходов угловых элементов) с острыми входящими углами, вне зависимости от величины и вида действующих в элементе напряжений. В том случае, если не предусмотрены специальные накладные усиления, эти углы следует скруглять радиусами r не менее 0,1В, где В – ширина выреза в свету в соответствии с рисунком 4.5. Это же относится и к вырезам с окантованными приварными полосами кромками.

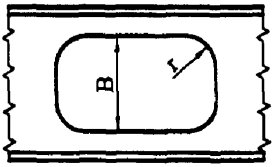


Рисунок 4.5-Выполнение вырезов в листовых элементах

В месте обрыва листов усиления балочных элементов должен быть предусмотрен плавный переход к основному металлу. Планки и др. т.п. элементы следует крепить к основному элементу с помощью швов, расположенных перпендикулярно действующим на основной элемент усилиям, а при необходимости – также и фланговыми швами. Поперечные фланговые швы рекомендуется не доводить до краев основных элементов.

Кронштейны, поддерживающие площадки обслуживания, кабины управления, механизмы передвижения, площадки, несущие аппаратные помещения, должны крепится непосредственно к поясам балок, или к соединяющим верхний и нижний пояса внешним вертикальным стойкам или ребрам. Крепление кронштейнов непосредственно к стенкам допускается только в тех случаях, когда гарантируется точное, в пределах ± 3 мм, совпадение оси кронштейна с осью диафрагмы балки.

При толщине соединительных фланцев t_ϕ, превышающей в 2 и более раз толщину t примыкающих к ним элементов, должны быть предусмотрены проставки с пологим (порядка 1:5) переходным скосом в соответствии с рисунком 4.6.

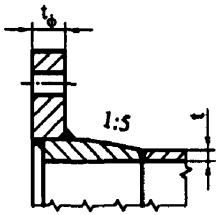


Рисунок 4.6-Узел примыкания фланца.

Контактирующие между собой поверхности фланцев должны быть механически обработаны.

Для фланцев соединений, работающих на изгиб или растяжение, следует применять материал с гарантированным механическими качествами в направлении, перпендикулярным направлению прокатки [52,91].

Установка ходовых колес.

Предусматриваются 3 возможных варианта установки ходовых колес моста крана и грузовой тележки: на съемных угловых буксах, на вварных косых буксах со съемными крышками и на цилиндрических буксах с фланцевым болтовым креплением корпуса буксы к стенке балки.

Для мостов кранов группы режима А8 рекомендуется применять установку колес на косых буксах со съемными крышками; допускается применять установку на угловых буксах.

Недостатком последних является невозможность расточки посадочных мест концевой балки.

Цилиндрические буксы следует применять на кранах режимных групп не выше А5, когда нет необходимости относительно частой замены ходовых колес.

Шарнирные соединения.

В шарнирных соединениях элементов и узлов металлических конструкций, включая и узлы подсоединения балансиров ходовых частей, следует предусматривать возможность их разборки и сборки в процессе эксплуатации для ревизии и ремонта, в том числе и для замены втулок и других подвергающихся в процессе эксплуатации износу элементов.

Для защиты соединений от их загрязнения в процессе эксплуатации следует предусматривать установку защитных уплотнений.

В узлах с регулярным взаимным проворотом на ограниченный угол (например, подсоединения балансиров ходовой части к концевым балкам), рекомендуется предусматривать смазку подшипников (пар трения) дисульфитомолибденовыми смазками [94,95].

Следует предусматривать возможность разборки и сборки соединений в процессе эксплуатации для ревизии и ремонта. Рекомендуется в этих узлах устанавливать подшипники сухого трения из синтетических материалов .

При расчете шарнирных соединений величину расчетного удельного давления определяют без учета коэффициентов перегрузки и динамических воздействий.

Для обычно применяемых соединений «сталь по стали» рекомендуется значение допускаемого давления принимать:

$$[q] = kRtp \qquad (4.1)$$

где R_{tp} – расчетное сопротивление местного смятия в цилиндрических шарнирах (цапфы), см. ниже, табл. 4.4.

k – коэффициент, учитывающий подвижность соединения.

При полном исключении взаимного проворота соединяемых элемента k = 1,0; при возможности эпизодического проворота k = 0,50 и при регулярном провороте – 0,20.

Допустимые отклонения несущих элементов.

Предельно допустимые отклонения формы и геометрических размеров несущих элементов стальных конструкций не должны превосходить значений, приведенных в приложении И.

Рекомендуется, чтобы без нагрузки все ходовые колеса грузовой тележки взаимодействовали с подтележечными рельсами. Допускаемый зазор между поверхностью катания колес и головками рельсов не должен превосходить 1/3000 колеи тележки, но не более 1 мм.

4.6 Основные положения расчета элементов стальных конструкций

Метод расчета.

Расчет стальных конструкций следует производить по методу предельных состояний.

Предусматриваются два основных предельных состояния.

Первое предельное состояние – исчерпание несущей способности элементов конструкции по критериям статической прочности материала, сопротивления усталости, устойчивости против выпучивания.

Соответствующее условие в обобщенной форме:

$$\sigma \le R\gamma_c \qquad (4.1)$$

где σ - действующее в элементе конструкции напряжение;

R – расчетное сопротивление материала;

$\gamma_c \le 1,0$ - коэффициент условий работы, учитывающий возможные отклонения расчетной модели от реальной конструкции; рекомендуемые значения коэффициента γ_c приведены ниже в таблице 4.3.

Таблица 4.3-Рекомендуемые значения коэффициентов условий работы γ_c

Наименование узла, элемента	Конструктивные особенности узла	Части узла, элемента	γ_c
Коробчатые пролетные балки	Расположение рельса по оси верхнего пояса	Стенки, пояса, диафрагмы	0,85-0,95
		Элементы примыкания к концевой балке	0,75 – 0,85
Коробчатые концевые балки	Центральная часть балки	Стенки, пояса	0,80-0,90
	Концевые части и надбуксовые участки	Стенки, пояса, надбуксовые участки	0,60-0,80
Рамы грузовых тележек	Четырехопорная рама	Пояса, стенки, несущий настил.	0,70- 0,90
Кронштейны галерей и площадок пролетных и концевых балок, грузовых тележек	Консольные кронштейны	Кронштейны	0,70-0,80
Примечание – Меньшие значения γ_c принимают при использовании «традиционных» методов расчета, большие – машинного расчета с использованием МКЭ (метода конечных элементов), или результатов экспериментов.			

Второе предельное состояние – возникновение статических и динамических деформаций, препятствующих нормальной работе крана (в том числе вибрационных перемещений, неблагоприятно влияющих на обслуживающий персонал).

Соответствующее условие в обобщенной форме:

$$f \le f_{доп}, \qquad (4.2)$$

где f – расчетная деформация;

$f_{доп}$ – допускаемая деформация (исходя из требований точности работы крана, недопущения чрезмерных динамических перемещений элементов конструкции и т.д.).

Условия расчета.

Не допускается работа элементов конструкций в пластической стадии, а также при потере ими устойчивости.

При расчетах предполагается, что несущая стальная конструкция крана выполнена в соответствии с требованиями, изложенными в п. 4.3 настоящего документа.

Расчетные сопротивления материала

При расчетах по первому предельному состоянию, по критерию статической прочности материала, расчетные сопротивления принимают в соответствии с таблицей 4.4.

Таблица 4.4-Расчетные сопротивления проката и труб

Напряженное состояние		Расчетное сопротивление
Растяжение, сжатие и изгиб	По пределу текучести	$R_y = R_{yn}/\gamma_m$
	По временному сопротивлению	$R_u = R_{un}/\gamma_m$
Сдвиг		$R_s = 0{,}58\,R_{yn}/\gamma_m$
Растяжение в направлении толщины проката (до толщины 60мм)		$R_{th} = 0{,}5R_{un}/\gamma_m$
Смятие местное в цилиндрических шарнирах (цапфах) при плотном касании*		$R_{lp} = 0{,}5\,R_{un}/\gamma_m$
Смятие торцевой поверхности (при наличии пригонки)		$R_p = R_{un}/\gamma_m$

Примечание-R_{yn} – нормативное сопротивление материала по пределу прочности;
R_{yn} – нормативное сопротивление материала по пределу текучести.
γ_m- коэффициент надежности по материалу; обычно γ_m - 1,025 – 1,10.
Эти величины принимают по нормам проектирования и расчета строительных стальных конструкций.

Способы выполнения расчетов.

Соответствующие расчеты в общем случае выполняются с использованием методов строительной механики и сопротивления материалов; при необходимости могут быть использованы методы теории упругости, (в том числе и машинные расчеты, базирующиеся на применении метода конечных элементов), а также экспериментальные методы.

Указания по расчету элементов балок на устойчивость, элементов стальных конструкций на сопротивление усталости и подтележечных рельсов, учитывающие особенности интенсивно эксплуатируемых кранов для предприятий металлургии, приведены в Приложении К.

Расчеты в соответствии с указаниями этого приложения не исключают целесообразности выполнения в необходимых случаях уточненных расчетов, а также проведения экспериментальных исследований.

4.7 Классификация учитываемых в расчетах нагрузок и воздействий

Подлежат учету следующие нагрузки:

а) собственный вес конструкции крана и веса находящихся на кране людей и оборудования;

б) вес транспортируемого краном груза;

в) вертикальные динамические нагрузки от работы механизма подъема груза;

г) динамические вертикальные нагрузки, возникающие при проходе колес крана по неровностям путей;

д) горизонтальные динамические нагрузки, возникающие при пуске-торможении механизма передвижения крана и грузовой тележки;

е) горизонтальные динамические нагрузки, возникающие при взаимодействии крана с тупиковыми упорами или с буферами смежного крана (буферный удар);

ж) горизонтальные нагрузки на ходовые колеса крана, действующие вдоль оси колеса (осевые нагрузки), и возникающие преимущественно вследствие отклонения направления движения крана от оси кранового рельса;

з) ветровые нагрузки нерабочего состояния.

В случаях, предусмотренных техническим заданием на кран, учитывают нагрузки, возникающие при испытаниях крана, технологические, транспортные, монтажные и сейсмические. Если техническим заданием на кран предусмотрена возможность существенного местного нагрева отдельных элементов несущей конструкции от теплового воздействия технологического оборудования, рекомендуется выполнить соответствующую проверку на возникающие при этом, как следствие тепловых деформаций, напряжения [91]. При этом в необходимых случаях учитывают возникающую при действии тепловых воздействий статическую неопределимость конструкции.

При расчетах обычно не учитывают неравномерность распределения нагрузок на ходовые колеса кранов, возникающую вследствие высотных отклонений в укладке крановых рельсов и неравномерной осадки подкрановых балок, а также погрешностей при изготовлении крана. Однако, при сверхнормативных отклонениях в точности укладки путей и отклонений от расположения осей ходовых колес крана в одной плоскости, эту неравномерность следует учитывать [75,83]. По данным к.т.н. Банных Г.М., отклонения от равномерного распределения нагрузок могут достигать 25 – 30%. Очевидно, что краны с относительно малыми пролетами (до 12,5 – 19,5м) более чувствительны к влиянию отклонений. В то же самое время, для кранов с опиранием пролетных балок мостов непосредственно на балансирные ходовые тележки, характерна весьма малая чувствительность к указанным выше неблагоприятным факторам. При этом связь между торцами пролетных балок осуществляют посредством шарнирных тяг, или жестко прикрепленных податливых на изгиб соединительных балок.

Примечание.

Нагрузка от веса груза считается приложенной к центру тяжести последнего; нагрузки на другие элементы прикладываются к указанным элементам с учетом характера распределения масс в этих элементах.

4.8 Значения расчетных нагрузок и их сочетания

Весовые нагрузки

Весовые нагрузки учитывают с коэффициентами перегрузки, относимыми к весу элемента крана (K_G) или груза (K_Q). Значения коэффициентов перегрузки определяют на основании статистических данных, а при их отсутствии или неполноте допускается использовать приведенные ниже указания.

Для нагрузок от собственного веса конструкции, людей и ремонтного оборудования допускается принимать K_G =1, за исключением случаев монтажа и транспортировки, когда следует принимать $K_G \geq 1{,}2$.

Значения нагрузок от находящихся на кране людей принимают по данным таблицы 4.5.

Таблица 4.5-Весовые нагрузки от людей и носимого ремонтного оборудования

Элементы конструкции	Величина и характер приложения нагрузки	Примечание
Площадки, проходные галереи	3 кН, распределяющаяся на площадке 0,2 х 0,2 м	Может быть приложена в любом месте

Ограждения площадок	Вертикальная сосредоточенная нагрузка–1,5 кН; горизонтальная–0,6 кН	То же
Ступени лестниц, монтажные скобы, элементы крепления лестницы	Вертикальная сосредоточенная 1,2 кН	При высоте лестниц более 3 м – две нагрузки по 1,0 кН, действующие на расстоянии 1,5 м друг от друга
Кабины управления	1 кН – в кресле крановщика плюс распределенная нагрузка в 4 кН/м^2 по площади пола	

Коэффициенты перегрузки по весу груза

Коэффициенты перегрузки по весу груза K_Q, соответствующие номинальной грузоподъемности крана, для крюковых кранов принимают по таблице 4.6.

Для испытательного груза следует принимать $K_Q = 1,0$.

Таблица 4.6-Значения коэффициентов перегрузки по весу K_Q груза для крюковых кранов.

Грузоподъемность крана, т	Группа режима работы крана			
	A3;A4	A5	A6;A7	A8
До 5,0 вкл.	1,30	1,40	1,55	1,65
Св.5,0 до 12,5 вкл.	1,25	1,30	1,50	1,65
Св. 12,5 до 20,0 вкл.	1,20	1, 25	1,45	1,55
Св. 20,0 до 50,0 вкл.	1,15	1,20	1,40	1,50
Св. 50,0	1,10	1,15	1,35	1,45

Для кранов с механизированными захватными приспособлениями, в том числе с грейферами и грузоподъемными магнитами, коэффициенты перегрузки K_Q назначают с учетом особенностей условий их действия; при отсутствии необходимых данных допускается использовать приведенные в таблице 4.6 значения.

Динамические нагрузки, возникающие при работе механизма подъема груза крана.

Эти нагрузки ($P_{дп}$) допускается определять по эмпирической формуле (4.3):

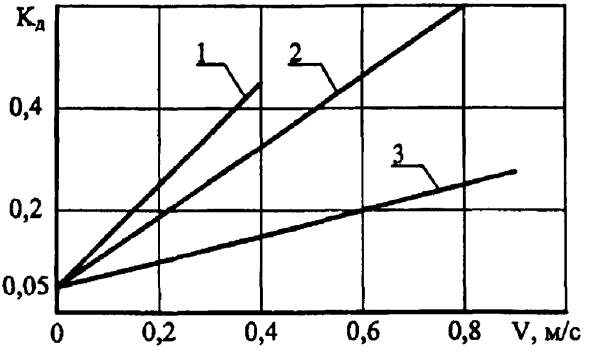
$$P_{дп} = (Q + G_п)\, k_д\, k^*, \qquad (4.3)$$

где Q – вес груза;

$G_п$ – вес грузовой подвески и других элементов, перемещающихся совместно с грузом;

$k_д$ – динамический коэффициент, определяется по графику в соответствии с рисунком 4.7 в зависимости от скорости подъема груза V;м/с и особенностей привода механизма подъема;

k^* - корректирующий коэффициент, учитывающий особенности выполнения операций с грузами некоторых видов; значения k^* принимают по таблице 4.7.



1 – короткозамкнутый привод без регулирования; 2 – привод с ограниченными пределами регулирования (~1:4); 3 – привод с глубоким регулированием.

Рисунок 4.7 - Расчетные динамические коэффициенты при работе механизма подъема груза.

Таблица 4.7-Примерные значения корректирующего коэффициента k^*

Захватный орган	Характер изменения нагрузки на механизм подъема груза	Перемещаемый груз (пример)	k^*
Крюк (в т.ч. и с навесным захватом)	Весьма плавное нарастание вследствие высокой податливости груза	Металлическая стружка	0,60
	Постепенное увеличение вследствие неодновременного всей отрыва всей опорной поверхности груза от основания	Металлопрокат	0,80
	Резкое нарастание в результате одновременного отрыва груза от основания	Литейные изложницы при подъеме с металлического пола	1,5
Грейфер канатный или моторный	Относительно плавное нарастание (отсутствие резких толчков и защемления грейфера)	Насыпные грузы; уложенный в штабель лес	1,2
	Возможность резкого увеличения вследствие толчков при работе, защемления грейфера или груза	Груз, находящийся в воде или в колодце	1,6
Грузоподъемный магнит	Постепенное нарастание в условиях, исключающих притягивание груза к основанию или сцепление частей между собой	Стальные детали, уложенные на неметаллическое основание; разделанный металлом	1,2
	Ограниченное увеличение вследствие частичного притягивания груза к основанию или сцепления частей груза между собой	Стальные детали, уложенные на металлическую решетку; пачки листового материала	1,6

Захватный орган	Характер изменения нагрузки на механизм подъема груза	Перемещаемый груз (пример)	k^*
	Резкое увеличение нагрузки в результате интенсивного притягивания груза к основанию или при сцеплении частей груза между собой	Стальные детали, уложенные на массивное сплошное стальное основание; пачки листов при отсутствии регулирования магнитного поля	1,9
Примечание - Для остальных грузов и видов операций величину k^* допускается принимать равной 1,0, если не имеется каких-либо других экспериментальных или расчетных данных.			

Вертикальные динамические нагрузки вследствие прохода крана по неровностям пути

Нагрузки $P_{дк}$, действующие на элемент конструкции весом P вследствие прохода колес крана по местным неровностям кранового рельсового пути определяют по формуле (4.4):

$$P_{дк} = \phi P, \qquad (4.4)$$

где ϕ - коэффициент толчков, определяется по таблице 4.8.

Таблица 4.8-Значения коэффициента толчков ϕ

Выполнение стыков рельсов	Стыки на болтовых накладках и не скрепленные	Сварные механические обработанные стыки	ϕ
Скорость передвижения, м/с	До 0,33 вкл.	До 0,50 вкл.	0,1
	Св. 0,33 до 1,0 вкл.	Св. 0,50 до 1,60 вкл.	0,2
	Св. 1,0 до 1,25 вкл.	Св. 1,60 до 2,5 вкл.	0,3
	Св. 1,25 до 2,0 вкл.	Св.2,5	0,4

Примечания.

1). При определении $P_{дк}$ веса элементов, поддерживаемых канатами (груз, грузовая подвеска и др.) не учитывают.

2) Рекомендации относятся к путям, выполненным в соответствии с требованиями ПБ 10-382-00. Если отклонения (зазоры в стыках, разница в высоте торцов стыков) могут превысить значения, предусмотренных этими нормами предельных отклонений, допускается определять динамические нагрузки в соответствии с методикой стандарта ФРГ DIN EN 13001-2 ([57] , см. также Приложение К.

Горизонтальные динамические нагрузки, возникающие при пуске-торможении механизма передвижения крана и грузовой тележки.

Нагрузку $(P_{дг\,i})$, действующую на элемент конструкции и груз массой M_i определяют по формуле (4.5):

$$P_{дг\,i} = 1{,}5aM_i\,, \qquad (4.5)$$

где a – расчетное замедление крана (тележки) при торможении или ускорение при пуске; величина a определяется в соответствии с приведенными ниже, в разделе 6, указаниями.

При расчете несущей конструкции моста (пролетных и концевых балок) на действие горизонтальных динамических нагрузок следует принимать, что осевые реакции $P_{ос}$ на ходовых колесах, возникающие от действия динамических нагрузок $P_г$, воспринимаются ходовыми колесами только одной (любой) из сторон крана в соответствии с рисунком 4.8.

При этом, для случая передвижения крана осевые реакции считаются по формуле (4.6):

$$P_{ос} = \left(m_{к\,б.} \cdot l + m_{п\,б} \cdot \frac{l}{2} + m_m \cdot l_1 + m_{гр} \cdot l_1 \right) \cdot \frac{a}{B \cdot n} \qquad (4.6)$$

где B - база крана, для 4-колесных кранов по осям ходовых колес, для многоколесных кранов - по осям крайних балансиров;

l – пролет крана;

m_m - вес элемента i.

n – количество колес в балансире

Для случая пуска – торможения механизма передвижения тележки принимают, что все осевые нагрузки (реакции) поровну распределяются между колесами одной из сторон крана.

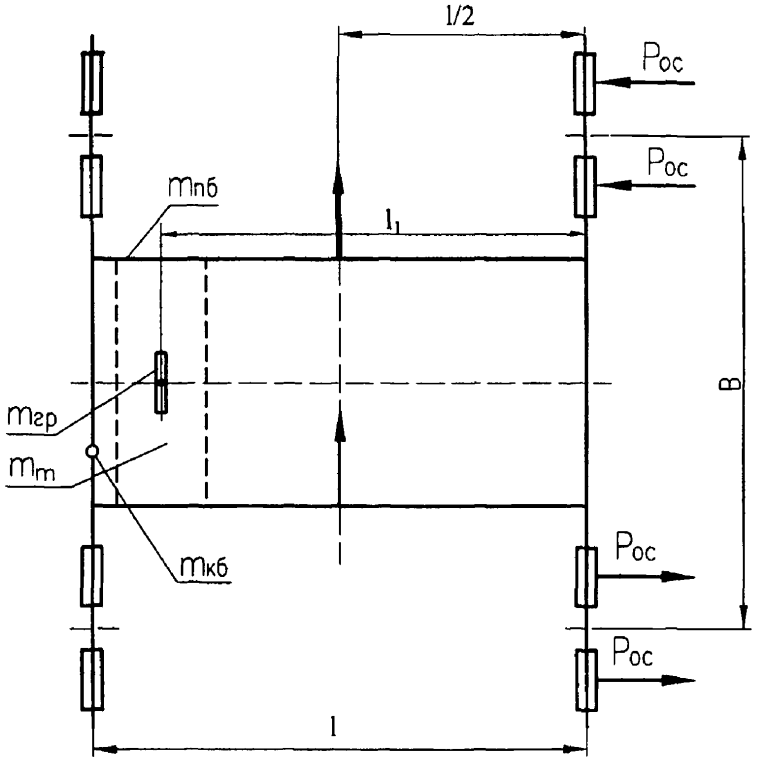


Рисунок 4.8 - Примерная схема к расчету моста на горизонтальные нагрузки.

Горизонтальные буферные нагрузки.

Горизонтальные динамические нагрузки ($P_б$), возникающие при взаимодействии крана с буфером тупикового упора, или с буферами смежного крана (буферный удар).

При скорости движения крана до 0,63м/с включительно эти нагрузки допускается не учитывать.

При скоростях передвижения крана более 0,63м/с горизонтальные динамические нагрузки определяют в зависимости от скорости взаимодействия буферов с препятствием и с учетом упругой характеристики буферов; определение величины нагрузки – см. Приложение Л.

Горизонтальные нагрузки на консольные части концевых балок и балансиры

Для проверки консольных частей концевых балок и элементов балансиров ходовых частей осевую нагрузку на ходовые колеса $P'_{ос}$ допускается определять по эмпирической формуле (4.7):

$$P'_{ос} = 0{,}04R(l/B + 1{,}33v_п), \qquad (4.7)$$

где R – нормативная вертикальная нагрузка на ходовое колесо;

$v_п$ – скорость передвижения крана, м/с.,

Принимаемые в расчет значения осевых нагрузок (реакций), определенные по формулам (4.6 и 4.7) не должны превосходить 20% от наибольшей вертикальной нагрузки на ходовое колесо крана, а для кранов с жестким подвесом груза – 30%.

Нагрузку P_{oc} учитывают только при проверке консольных частей концевых балок и элементов ходовых частей, включая балансиры многоколесных кранов.

При существенных отклонениях в точности укладки крановых путей или погрешностях изготовления кранов, возможно возникновение весьма больших значений осевых нагрузок [83]. Такие нагрузки при расчете кранов учету не подлежат. Вместе с тем, необходимо отметить, что при точно установленных ходовых колесах, например. в соответствии с принятой в Европе практикой [96], нагрузки могут быть ниже. Анализ нагрузок, возникающих при движении кранов, приведен в работе Лобова Н.А. [80]. В последнее время разработаны и реализованы системы регулирования действия механизмов передвижения крана, позволяющие практически исключить перекосы при движении кранов. Эти системы включают в себя датчики поперечного смещения крановых колес относительно путей, или датчики продольного положения ходовых частей крана. Путем сопоставления смещения противоположных сторон крана вырабатывается разностный сигнал, после преобразования поступающий к аппаратам управления двигателями механизма передвижения. Таким образом, осуществляется непрерывное выравнивание положения крана относительно рельсовых путей.

Ветровые и сейсмические нагрузки

Ветровые и сейсмические нагрузки учитывают в соответствии с указаниямb раздела 2.1.

Расчетные сочетания нагрузок.

Основные сочетания нагрузок, которые учитывают при расчете стальных конструкций кранов, приведены в таблице 4.9. Конкретные сочетания нагрузок для расчета назначаются с учетом особенностей конструкции крана и условий его эксплуатации.

Таблица 4.9-Основные расчетные сочетания нагрузок

Вид проверки	№ сочетания	Обозначение вида нагрузки, расчетного коэффициента.							
		G_k	Q	K_Q	P_{dn}	P_{dz}	P_{dk}	$P_б$	P_{oc} [1)]
Определение прогиба моста	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Проверка на прочность по статическим характеристикам материала	2	1	1	1	1	-	-	-	-
	3	1	1	1	-	1	1	-	-
	4	1	1	1	1	-	-	-	1
	5	1	1	-	1	-	-	1	1
Проверка на сопротивление усталости	6	1	1	-	0,5	-	-	-	-
	7	1	1	-	-	0,5	-	-	-
	8	1	1	-	-	-	-	-	0,5

Примечания.
1. Для концевых участков концевых балок и ходовых частей – P'_{oc}
2.При каждом сочетании грузовая тележка должна устанавливаться в наиболее неблагоприятное для рассматриваемого элемента положение (положения); обязательное минимальное число положений – два, одно в центре пролета и одно в крайнем положении у концевой балки.
3.Принятые обозначения: 1 – учитывается полностью; 0,5- учитывается на 50%; - не учитывается.

5 ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И РАСЧЕТА МЕХАНИЗМОВ КРАНА.

5.1 Группы режима работы механизмов.

Классификационные группы режимы работы механизмов принимают по стандарту ИСО 4301/1.

Эта же классификация используется и при расчетах и выборе узлов и элементов механизмов.

При отнесении механизма к классу нагружения следует учитывать как статические, так и динамические нагрузки.

Класс использования механизма назначают, исходя из числа циклов его работы за срок службы механизма до замены или до капитального ремонта.

При отсутствии дополнительных требований группы режимов механизмов могут приниматься в соответствии с таблицей Б.2 Приложения Б.

Примечание - Справочные данные по оценке числа часов работы в год для кранов некоторых типов приведены в приложении Б.

5.2 Общие требования к устройству механизмов, действующих при выполнении транспортно-технологических операций.

Основания, на которые устанавливают узлы механизмов, должны иметь механически обработанные поверхности. Должны быть предусмотрены элементы (упоры, установленные по напряженной посадке болты и т.п.), надежно фиксирующие эти узлы в горизонтальном направлении. Допускается установка узлов механизмов на приварные платики (плиты, подкладки) с механически обработанной поверхностью, и последующей приваркой этих платиков (плит) к основной конструкции. При этом регулировочные подкладки должны располагаться под приваренными платиками.

Крепление навесных редукторов должно обеспечивать компенсацию возможных погрешностей валов (эксцентриситеты, несоосности), на которых они установлены. Крепления редукторов должны быть рассчитаны на наибольшие нагрузки, возникающие при эксплуатации, в том числе возникающие вследствие толчков при движении кранов по неровностям путей, а также при пуске и остановке механизма передвижения, включая аварийную остановку.

Все узлы и элементы механизмов должны быть доступны для их осмотра и обслуживания без демонтажа с крана. Защитные кожухи должны открываться (разворачиваться, удаляться) для доступа к механизмам без применения каких либо инструментов или дополнительных приспособлений.

Валы и оси должны выполняться двухопорными (включая и части валов и осей, соединенные жесткими муфтами). Исключение допускается только в случае установки валов и осей на обладающие весьма большой жесткостью основания, и механической обработки за один проход посадочных поверхностей (гнезд осей, опорных поверхностей корпусов подшипников).

Болтовые соединения должны быть надежно защищены от самоотвинчивания. У соединений, размещаемых на вращающихся элементах (шкивы, зубчатые колеса и т.п.) следует применять стопорные приспособления с деформируемыми элементами (отгибные пластинки, корончатые гайки с разводными шплинтами и т.п.).

5.3 Особенности выполнения отдельных элементов

Зубчатые передачи.

Зубчатые передачи рекомендуется выполнять в виде редукторов. Открытые передачи, в случае их применения, должны быть снабжены кожухами.

У механизмов групп режима М7 – М8 корпусы редукторов должны быть изготовлены из стали - сварными, литыми или комбинированными, сварно-литыми.

Соединительные муфты.

Конструкция соединительных муфт должна обеспечивать в пределах, установленных соответствующими стандартами и техническими условиями на муфты, компенсацию как несоосности, так и взаимных перекосов соединяемых валов.

Применение муфт, компенсирующих погрешности только одного из этих видов (крестово-кулисные, зубчатые, шлицевые и т.п.) с одним подвижным сопряжением. допускается только при условии, что будет обеспечена необходимая точность и стабильность взаимного положения соединяемых валов, в том числе и при действии механизма.

Зубчатые муфты должны выполнятся в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50895 [20]. Их ступицы должны изготавливаться с бочкообразными зубьям (переменной по длине зуба толщины).

При значительных перекосах соединяемых валов рекомендуется применять шарнирные (карданные) сочленения, например, по стандарту ФРГ DIN 15451 [56] (см. также Приложение М).

Втулочно-пальцевые упругие муфты (в том числе и по ГОСТ 21424 [13]) допускается применять только в механизмах групп режима не выше М3 – М4.

Канатно-блочные системы.

При подвеске груза на нескольких раздельных ветвях канатов (или полиспастов) и отсутствия уравнительных балансиров должны быть предусмотрены средства для выравнивания натяжения в этих ветвях (полиспастах). В случае использования для этого винтовых или других регулируемых натяжек следует в каждую ветвь каната встраивать датчики, регистрирующие натяжения ветвей. Сигналы от датчиков поступают как к суммирующему аппарату, выдающему общее натяжение всех ветвей (полиспастов), так и должны использоваться для защиты отдельных ветвей от перегрузки.

Датчики также используются для предварительного выравнивания натяжения канатов.

В случае применения уравнительных балансиров (коромысел) должны быть предусмотрены средства, сигнализирующие о достижении балансирами предельного положения, вследствие неравномерной вытяжки канатов.

Диаметры барабанов и блоков механизмов групп режима М6–М8 рекомендуется выбирать в соответствии с таблицей 5.1, где h_i – отношение диаметра барабана, блока, замеренное по средней линии каната к диаметру каната. По сравнению с действующими нормами (ПБ 10-382-00) эти отношения увеличены, что имеет своей целью повысить долговечность и уровень безопасности канатов.

Таблица 5.1-Рекомендуемые диаметры барабанов и блоков

Классификационная группа механизма	Коэффициенты выбора диаметров		
	Барабанов h_1	Блоков h_2	Уравнительных блоков h_3
М6	22,4	25,0	18
М7	25,0	28,0	18
М8	30,0	30,0	20

Должны применяться только нарезные канатные барабаны с навивкой канатов в один слой.

В тех случаях, когда при работе возможно ослабление канатов (например, у грейферных кранов), канавки барабана рекомендуется выполнять с увеличенной глубиной, а также предусматривать ролики для поджатия каната к барабану.

Барабаны должны изготавливаться только из стали. Для обечаек барабанов механизмов групп режима М7, М8 рекомендуется применять сталь повышенной износостойкости, термообработанную до твердости поверхности порядка 400 H_B.

В случае, когда в процессе эксплуатации крана возможен нагрев канатов на температуру свыше 100°С (транспортировка расплавленного металла и т.п.) следует применять канаты с металлическим, асбестовым или другим устойчивом против нагрева сердечником.

При выборе канатов с металлическим сердечником, в случае отсутствии дополнительных сведений от производителя каната, разрывное усилие каната последнего рекомендуется снижать на 10% по сравнению с приведенным в каталоге (стандарте) усилием, подсчитанным, исходя из полного участия в работе каната металлического сердечника.

Канаты следует защищать от лучевого нагрева кожухами и экранами. Конструкция кожухов и экранов должна быть легкосъемной, для возможности регулярной проверки состояния канатов.

В том случае, если по условиям эксплуатации возможен нагрев канатов на температуру свыше 100° С, на грузовой подвеске, в зоне действия нагрева, следует предусматривать размещение «свидетелей» - сменных отрезков канатов, изменение состояния которых под воздействием нагрева периодически контролируется службой эксплуатации производства.

Отклонения направления канатов от оси канавки барабана или ручья блока при нормальной эксплуатации механизма не должны превышать для механизмов групп режима соответственно М4-М6 - 3,5°; М7 и М8 – 2,5°. В предельных случаях, значения углов могут быть увеличены на 1°, что, однако, отрицательно скажется на долговечности, как каната, так и блоков.

Канатные блоки следует изготавливать из стали; для групп режима М7 – М8; рекомендуется применять сталь повышенной прочности, и с поверхностной термообработкой.

Блоки рекомендуется изготавливать с профилем обода в соответствии с рисунком 5.1. Ориентировочные размеры профиля для некоторых диаметров канатов и соотношений $D_{бл}/d_r$ приведены в таблицах 5.2; 5.3.

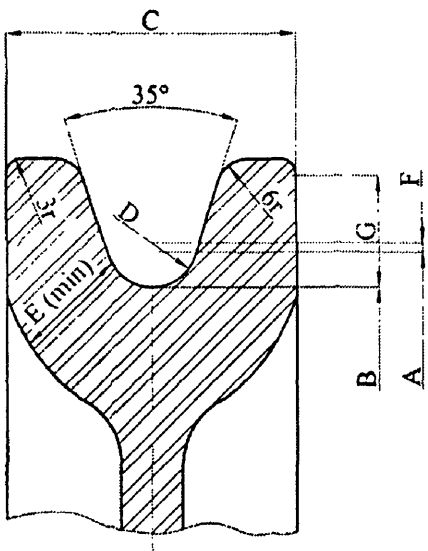


Рисунок 5.1-Рекомендуемый профиль канатного блока

Таблица 5.2-Профиль ручья блока для отношения $D_{бл}/d_к = 25:1$

Размеры в мм

Диаметр Каната	A	B	C	D	E	F	G
13	305	292	45	7	13	0,8	19
16	381	365	51	9	16	0,8	24
19	457	445	57	10	19	0,8	29
22	533	511	64	12	22	1,2	33
25	610	584	70	14	25	1,2	38
29	686	657	76	16	29	1,2	43
32	762	718	83	17	32	1,6	48
35	838	803	89	19	35	1,6	52
38	914	876	95	21	38	1,6	57

Таблица 5.3-Профиль ручья блока для отношения $D_{бл}/d_к = 30:1$

Размеры в мм.

Диаметр каната	A	B	C	D	E	F	G
13	381	368	45	7	13	0,8	19
16	476	460	51	9	16	0,8	24
19	572	552	57	10	19	0,8	29
22	667	645	64	12	22	1,2	33
25	762	737	70	14	25	1,2	38
29	857	829	76	16	29	1,2	43
32	953	921	83	17	32	1,6	48
35	1048	1013	89	19	35	1,6	52
38	1143	1105	95	21	38	1,6	57

Примечания.

1.Для других отношений $D_б/dk$ размеры элементов профилей блоков определяются путем интерполяции.

2.При использовании блоков по таблицам 5.2; 5.3 предельно допустимые значения углов отклонений каната, приведенные в п. 5.2 следует уменьшать на 30%.

На грузовых тележках литейных и других кранов с основным и вспомогательными подъемами рекомендуется предусмотрены элементы (гнезда, упоры и т.п.) для предотвращения свободного раскачивания поднятой в верхнее положение подвески главного подъема. Такое раскачивание имеет место при движении крана и тележки при обычно более частой работе механизма вспомогательного подъема, и неблагоприятно сказывается на долговечности каната главного подъема.

Тормозные системы.

Механические тормоза, как правило, должны использоваться для фиксации элементов механизмов после их остановки, (или значительного снижения скорости движения) за счет тормозящего действия электрических приводов (стопорное торможение).

Для тормозов механизмов подъема груза значение запаса торможения следует принимать не менее 1,5, предусмотренного требованиями ПБ 10 –382 –00.

При этом, для служебных тормозов, в случае оснащения механизма только одним тормозным устройством, запасы торможения для групп режима М5-М6; М7 и М8 должны приниматься не менее 1,75; 2,0 и 2,5 соответственно.

Служебные тормоза всех механизмов подъема групп режима М6 - М8 следует проверять на нагрев (см. [63]).

При установке шкива тормоза на вал редуктора диаметр вала редуктора следует принимать равным или большим диаметру вала двигателя, взаимодействующего с данным редуктором.

Тормозное устройство механизма передвижения тележки (механическое или электрическое) должно быть рассчитано на момент, равный 40% номинального момента приводного электродвигателя этого механизма.

При отсутствии дополнительных требований, служебные тормоза механизма передвижения крана должны обеспечивать остановку крана на пути, длина которого в метрах численно равна 10% скорости передвижения крана с номинальным грузом в м/мин.

Действие тормозов механизмов передвижения тележки и крана не должно приводить к проскальзыванию ходовых колес.

Привод тормозов – от электромагнитов постоянного тока; катушки тормозов должны выбираться с запасом по току (при 40%ПВ) не менее 1,3. По согласованию с заказчиком допускается применение тормозов с электрогидротолкателями.

Тормозные шкивы должны изготавливаться из сталей с характеристиками не ниже марки Сталь 45, коваными, сварными или литыми. Поверхностная твердость шкивов - не ниже 35 – 45HRC.

В шарнирных сочленениях тормозов следует применять пальцы (оси) из закаленной стали в сочетаниями с антифрикционными втулками или вкладышами.

На тормозах рекомендуется предусматривать устройства (датчики), сигнализирующие о достижении износом фрикционных обкладок предельно допустимого значения.

Ходовые колеса.

В кранах групп режима А6 – А8 и их грузовых тележках должны применяться двухребордные колеса, или, по требованию заказчика, безребордные в сочетании с горизонтальными направляющими роликами, взаимодействующими с боковыми поверхностями головок крановых рельсов [66,77]. Применения роликов, взаимодействующих непосредственно с направляющей, закрепленной на балке крановых путей, следует избегать.

В кранах и их грузовых тележках должны применяться колеса по ГОСТ 28648-90 [18].

Ширина поверхности катания $B_к$ двухребордных ходовых колес крана должна на 25 - 30мм превышать ширину головки рельса $B_р$ в соответствии с рисунком 5.2. Для колес грузовой тележки эта разница может быть уменьшена до 20 мм. Для безребордных колес ширину поверхности обода следует принимать равной ширине двухребордного колеса.

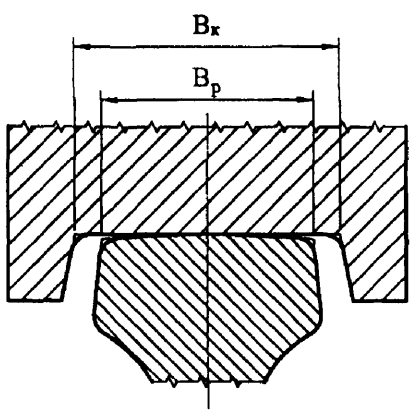


Рисунок 5.2-Установка ходового колеса на рельс.

Смазка

Все подшипниковые узлы, включая и узлы шарнирных соединений, должны быть доступны для разборки и очистки при замене смазки.

К каждому из установленных вне редукторов подшипников качения должна подводится смазка от индивидуального подающего устройства (шариковая масленка, клапан смазочной установки и т.д.).

У механизмов группы режима М8 следует предусматривать централизованную смазку (с ручным или приводным нагнетателем); для механизмов групп режима М7 и ниже, централизованную смазку предусматривают по согласованию с заказчиком.

По согласованию с заказчиком и при соответствующем конструктивном исполнении подшипникового узла и выборе марки смазки, допускается выполнять подшипниковые узлы без дополнительного подвода смазки (годовая смазка).

По запросу заказчика ходовая часть крана должна быть оборудована устройствами для нанесения смазки на реборды ходовых колес, например, брикетированной смазки марки МЭ-22.

Примечание. По данным некоторых металлургических предприятий, регулярная смазка реборд повышает долговечность ходовых колес кранов в два раза [105].

Стандартные подшипники качения закрытого типа (с защитными шайбами) могут применяться только при оснащении узла дополнительными уплотнениями.

При этом у кранов, устанавливаемых в помещениях с запыленной атмосферой, контактные уплотнения (войлочные сальники, манжетные уплотнения и пр.) должны быть дополнительно защищены внешними бесконтактными уплотнениями (щелевыми, лабиринтными).

5.4 Расчет механизмов

Расчеты механизмов рекомендуется выполнять с использованием методики, изложенной в [88]; при этом показатели групп режима механизмов принимают в соответствии с указаниями настоящего руководства.

Для механизмов с двумя и более приводами (механизмы подъема литейных кранов, механизмы передвижения кранов и пр.) должна быть предусмотрена возможность кратковременного действия механизма для завершения краном рабочей операции при внезапном выходе одного из приводов из строя.

Для предварительных расчетов могут быть приведены указания, приведенные в Приложении Н (нагрузки, допускаемые напряжения) и Приложении О (зубчатые передачи). Более точные, проверочные расчеты зубчатых передач следует выполнять с использованием методики, изложенной в [88] и базирующейся на ГОСТ 21354 [12].. Целесообразно также использовать разработанную в Научно-техническом центре г. Королева Автоматизированную систему проектирования машин АРМ Win Machine [97].

Справочные данные по выбору ходовых колес, с учетом интенсивности их нагружения (по нормам AISE, [60]) приведены в Приложении П. Эти данные могут быть использованы для предварительного выбора колес.

6 ЭЛЕКТРОПРИВОД И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

6.1 Общие требования

Условия работы электрооборудования

Условия работы электрооборудования должны быть оговорены заказчиком и согласованы с изготовителем крана.

При выборе и расчете электрооборудования должны следует иметь в виду следующие типовые условия:

– интервал температур окружающего воздуха от минус 10 до плюс 60°С (в особых случаях – до минус 40 и до плюс 80°С);

– относительная влажность до 95% при температуре окружающей среды плюс 20°С с периодическим выпадением росы (при выпадении росы на изоляционных поверхностях и на металле появляется пленка слабых кислот);

– наличие в атмосфере взвешенных твердых частиц графитовой пыли, паров кислот, углекислого газа, взвешенных частиц стальной окалины – постоянная концентрация 100 мг/м^3, единовременная концентрация 1000 мг/м^3;

– вибрационные ускорения - 0,5 м/с^2;

– одиночные толчки и удары частотой до 30 ударов в минуту с ускорением 3g;

– степень защиты электрооборудования IP 44 по ГОСТ 14524 [7].

Двигатели переменного тока должны быть рассчитаны на 15% падение напряжения, что должно обеспечить надежность их действия.

6.2 Требования производительности

Электропривод (двигатели и аппаратура управления) должен обеспечивать требуемую производительность крана – выполнение заданного числа циклов работы в единицу времени (час).

При отсутствии дополнительных требований скорости рабочих движений отдельных механизмов должны назначаться таким образом, чтобы обеспечить минимум суммарных затрат на электроэнергию, изготовление и эксплуатацию электропривода.

При расчете производительности крана следует учитывать изменение скорости передвижения в периоды разгона и замедления. Для ориентировочной оценки величины средней фактической скорости передвижения крана или тележки в зависимости от протяженности пути и номинальной скорости передвижения могут быть использованы графики в соответствии с рисунком 6.1.

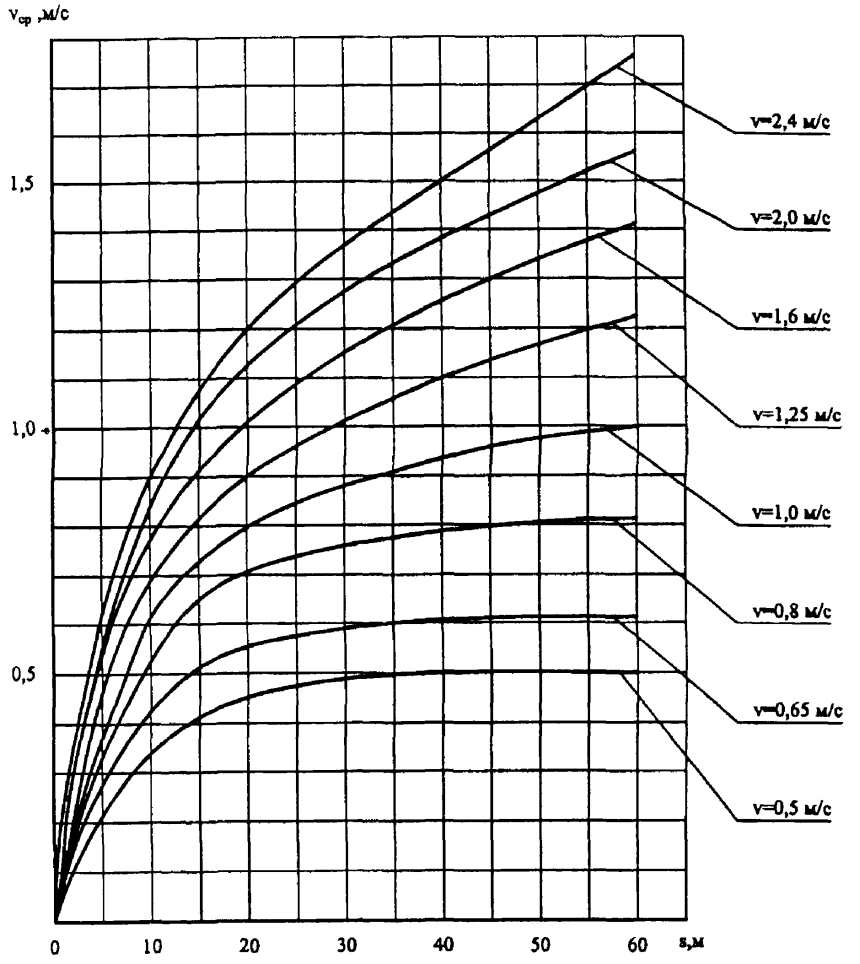


Рисунок 6.1-Ориентировочная зависимость средней фактической скорости передвижения $V_{ср}$ крана или тележки от величины пройденного пути s, м.

Электроприводы автоматизированных кранов должны, при наличии соответствующих требований, обеспечивать заданную точность позиционирования грузозахватного органа крана.

При отсутствии дополнительных требований расчетные средние ускорения (замедления) кранов и грузовых тележек, установленных в помещениях, рекомендуется принимать по данным таблицы 6.1.

Таблица 6.1-Ориентировочные значения расчетных средних ускорений (замедлений) a, м/с^2 и продолжительность разгона крана, t_p, с

Скорость передвижения, м/с	Величина пробега за средний цикл работы, м					
	До 50м		Св. 50 до 100м		Св. 100м	
	t_p	A	t_p	a	t_p	A
3,3	-	-	7,0*)	0,45	5,5*)	0,60
2,5	-	-	6,3	0,40	5,0	0,50
2,0	-	-	5,5	0,35	4,2	0,45
1,6	8,0*)	0,20	5,0	0,32	3,5	0,40
1,0	6,5*)	0,15	4,0	0,25	3,0	0,35
0,63	5,0	0,12	3,2	0.20	-	-
0,40	4,0	0,10	2,5	0,15	-	-
0,25	3,2	0,08	-	-	-	-

*) Допускается только при подтверждении работоспособности двигателя тепловым расчетом.

Данные, относящиеся к величине пробега до 50м, могут быть использованы также и для приводов механизмов передвижения грузовых тележек.

Для механизмов кранов, транспортирующих расплавленный металл и другие опасные грузы величины ускорения и замедления не должны превышать 0,1 м/с^2, как для вертикального, так и для горизонтального перемещений.

Исходя из условия недопущения пробуксовки ходовых колес при разгоне, величину ускорения в любом случае следует ограничивать предельным значением:

$$a_{np} = 1{,}0z/z_{np} \text{ м/с}^2; \qquad (6.1)$$

где z – полное число ходовых колес крана (тележки);

z_{np} – число приводных ходовых колес крана (тележки).

Посадочные (установочные) скорости для механизмов подъема кранов различного технологического назначения не должны превосходить следующих значений, в м/с:

- транспортировка и кантовка ковшей с расплавленным металлом – 0,01;
- перемещение штучных грузов, в том числе пакетированных – 0,03;
- монтажные операции – 0,005 – 0,01.

6.3 Показатели режима и условия работы электродвигателей

Показатели режима работы принимают по данным таблицы 6.2.

Таблица 6.2-Показатели режима работы электродвигателей

Группа режима работы механизма	Относительная продолжительность включения, ПВ%	Нормированное число включений в час N	Расчетное время работы в год не более, ч	Число включений за период 600с наиболее интенсивного использования
М1 – М3	15	60	250	50
М4	15	60	250	50
М5	25	90	500	60
М6	40	120	1000	90
М7	60	300	3000	110
М8	60	360	4000	120

При определении числа включений N и значений продолжительности включений следует учитывать как пуски, заканчивающиеся разгоном до полной скорости, так и промежуточные пуски (включения), необходимые для обеспечения точности позиционирования груза.

В зависимости от технологического назначения, вида механизма (подъем, горизонтальное передвижение), величины скорости и особенностей системы управления за один цикл может выполняться число пусков (включений) z_{in} от 2,0 до 10,0.

При оценке тепловых потерь учитывают эквивалентное число циклов:

$$z_{экв} = K_{вкл}\, z_{in}, \qquad (6.2)$$

где $K_{вкл}$ – коэффициент приведения, определяется по формуле (6.3).

$$K_{вкл} = \frac{z_1 + \Sigma z_i [1 - (1 - \frac{v_н}{v})^2]}{z_1 + \Sigma z_i} \qquad (6.3)$$

где z_1 – число включений, при которых непосредственно достигается номинальная скорость перемещения v;

z_i – число включений, после которых достигается промежуточная скорость $v_н$.

Для предварительных расчетов допускается принимать $K_{вкл} = 0{,}60$.

Срок службы электрооборудования до ремонта определяется заводом-изготовителем оборудования. При отсутствии таких данных, срок службы, при отсутствии дополнительных требований, до капитального ремонта допускается принимать в 7 лет.

При этом межремонтный период принимают для текущих ремонтов в 3 месяца; профилактический осмотр – еженедельный, с проверкой действия защиты и необходимой подрегулировкой.

6.4 Выбор и расчет приводных электродвигателей

В рабочих механизмах транспортно-технологических кранов применяют электроприводы переменного тока следующих основных видов:

– с фазными двигателями, управляемыми магнитными контроллерами, в том числе с динамическим торможением (серий ТСД и КСДБ) и импульсно-ключевым регулированием (серии ТН);

– с фазными электродвигателями и тиристорными преобразователями переменного напряжения;

– с короткозамкнутыми двигателями и тиристорными преобразователями частоты.

При двигателях постоянного тока наиболее часто применяют привод постоянного возбуждения и магнитными контроллерами серий П и ПС.

Двигатели должны выполняться с изоляцией классов Н или С.

Для выбора и расчета электродвигателей рекомендуется пользоваться указаниями работы [88], а также методикой, изложенной в ОСТ 24.090.95-88 [40].

При этом, для предварительного определения мощности двигателей $P_д$ могут быть использованы рекомендации приложения Р.

Двигатели всех рабочих механизмов должны быть оборудованы устройствами термической защиты.

Для многодвигательных приводов должна быть предусмотрена возможность аварийной работы с одним вышедшим из строя двигателем.

У многодвигательных приводов должно быть обеспечено равномерное распределение нагрузки между двигателями, например, путем выравнивания сопротивлений роторных цепей двигателей переменного тока.

6.5 Аппаратура управления

Величину номинального тока аппаратов $I_н$ следует определять по формуле (6.4):

$$I_н \geq \frac{I_р}{K_i K_т}, \qquad (6.4)$$

где I_p – расчетный ток в цепи статора или ротора выбранного электродвигателя, соответствующий расчетной мощности номинального режима;

$K_к$ – коэффициент использования по условиям коммутационной устойчивости, $K_к$=0,75 – 0,65 для магнитных контроллеров с обычной коммутацией и 1,0 - с бездуговой коммутацией;

$K_з$ = 0,80 – 0,85 – коэффициент запаса по условиям эксплуатации.

Номинальный ток линейного контактора, независимо от мощности двигателя, принимают не менее 100 А, а остальных аппаратов в силовых цепях – не менее 63 А.

Расчетный пусковой ток электропривода не должен превышать 230% от номинального тока двигателя при ПВ40%.

Система управления должна обеспечивать работу привода при 150% перегрузке в течение 60с, и 200% перегрузке - в течение 3с.

Аппаратура управления должна помещаться в закрытые шкафы или аппаратные кабины. В необходимых случаях должны предусматриваться отопление и вентиляция. В особо запыленных помещениях в шкафах или аппаратных кабинах должно поддерживаться избыточное давление не менее 0,01Н/см^2. Если это предусмотрено требованиями к условиям работы электрооборудования в шкафах предусматривают кондиционеры, причем для особо ответственных установок предусматривают резервные кондиционеры.

В шкафах аппараты должны размещаться на расстоянии на высоте не менее 150 мм от пола. Элементы силового ввода размещают на расстоянии не менее 150мм от стенок.

Двери шкафов должны открываться на угол не менее 170^0. При двери, открытой на 90^0, между ней и ограждением прохода должен оставаться зазор не менее 500 мм. Шарниры крепления должны обеспечивать возможность легкого демонтажа дверей.

Блоки резисторов должны размещаться в кожухах со степенью защиты IP22 по ГОСТ 14254 [9]

6.6 Устройства токоподвода и электропроводки

Электропроводка должна выполняться с раздельным размещением пучков проводов и кабелей силовых цепей каждого электропривода и цепей управления, включая цепи тормоза каждого привода.

Монтаж производится только проводами с медными жилами.

Должна быть обеспечена надежная защита проводов от механических, тепловых и химических воздействий. Выбор способа защиты (прокладка проводов в стальных трубах, в коробах, полостях конструкций, и т.п.) – определяет изготовитель по согласованию с заказчиком.

При выборе сечений проводов силовых сетей должен быть запас по сечению на один размер по сравнению с нормами, установленными ПУЭ.

На кранах с троллейным питанием, должен быть обеспечен надежный, бесперебойный контакт в токосъемном устройстве. При приводе переменного тока с частотным регулированием не рекомендуется размещать скользящие контакты между двигателем и блоком питания (преобразователем).

В токоподводе тележки должны предусматриваться резервные жилы, или провода, при троллейном питании – резервный троллей.

Для троллей из полосовой стали крепления должны располагаться с шагом не менее 1800 мм, уголковой – 2500 мм; максимальный шаг назначают из условия прочности троллей.

При запыленной среде должно предусматриваться нижнее или боковое расположение токосъемников относительно троллеев.

В главном токоподводе при постоянном токе должны быть предусмотрены по две троллеи для каждого полюса; при переменном токе – токосъемники с дублированными башмаками.

Расчетные характеристики системы токоподвода должны обеспечивать, при действии полной нагрузки, в том числе и в пусковые периоды, падение напряжений на клеммах статорной обмотки двигателей переменного тока не более 5% от номинального значения. Для двигателей постоянного тока – не более 10%.

7 УСТРОЙСТВА БЕЗОПАСНОСТИ

7.1 Ограничители грузоподъемности

Необходимость оснащения крана ограничителем грузоподъемности определяется решением заказчика; при этом, вне зависимости от этого решения, установка ограничителя обязательна в случаях, предусмотренных ПБ 10-382-00, РД-10-18-96 [46].

Ограничители грузоподъемности должны соответствовать требованиям, изложенным в [46].

Обязательно наличие электронных блоков, предотвращающих ложные срабатывания ограничителей при действии в периоды пуска динамической нагрузки. Такие блоки предусмотрены, например, в ограничителях грузоподъемности серии ПС80, выпускаемых ООО «Сила +» [87].

Краны должны быть оснащены регистраторами параметров в соответствии с требованиями ПБ 10-382 -00 и РД 10-399-01 [47]. Обычно регистраторы выполняют в виде дополнительных блоков ограничителей.

7.2 Устройства для ограничения хода механизмов

Для ограничения хода грузозахватного органа рекомендуется использоваться шпиндельные выключатели, приводящиеся в действие от вала канатного барабана; выбор конкретного типа выключателя – по согласованию с заказчиком.

При применении рычажных ограничителей, и подвески натяжного груза на тросике, конструкция узла установки ограничителя должна исключать возможность повреждения тросика, несущего натяжной груз, или освобождения его крепления

На кранах, транспортирующих расплавленный и раскаленный металл, и другие опасные грузы, рекомендуется устанавливать дублирующие ограничители.

Корпусы ограничителей должны быть защищены от воздействия технологического нагрева, например, расположены вне зоны действия открытого пламени.

У кранов и грузовых тележек, перемещающихся со скоростью свыше 1м/с, должны быть предусмотрены электронные дистанционно действующие устройства для предотвращения выхода крана (или тележки) за пределы установленной рабочей зоны, а также для защиты от столкновений с другими кранами.

Кабина крановщика должна быть оборудована сигнальными аппаратами, действующими при подходе крана (тележки) к крайнему положению на расстояние, равное 2м на каждый 1м/с номинальной скорости передвижения крана (тележки).

7.3 Буферные устройства

Для ограничения путей перемещения кранов и грузовых тележки должны быть предусмотрены буфера с упругими элементами. Последними могут быть оборудованы как краны (тележки), так и неподвижные тупиковые упоры путей, или и краны (тележки) и неподвижные упоры.

Расположение буферов назначается по согласованию с заказчиком крана.

Буфера следует размещать по оси кранового или подтележечного рельса; однако допускается устанавливать буфера грузовых тележек в стороне от подтележечных путей. Должно быть исключено падение буферных устройств кранов и путей, или их деталей при поломке.

Типовые буфера с резиновыми упругими элементами [41] применяются на кранах грузоподъемностью до 50т. При этом следует учитывать, что резина амортизатора буфера не обладает достаточной стойкостью против нагрева.

Этого недостатка лишены буфера с металлическими упругими элементами, которые наиболее часто применяют на крупных кранах. Наибольшей энергоемкостью обладают гидравлические и гидрогазовые буферы.

Необходимую величину энергоемкости каждого из буферов определяют из выражения:

$$E = 0{,}25mv^2, \qquad (7.1)$$

где m – суммарная масса крана и грузовой тележки (для кранов с жестким подвесом груза – и груза);

v– скорость движения крана в момент начала взаимодействия буфера с тупиковым упором.

$v \le v_{ном}$, где $v_{ном}$, - номинальная скорость передвижения крана (грузовой тележки).

Примечание-Выражение (7.1) действительно и для случая соударения двух кранов, имеющих буфера с одинаковыми характеристиками.

Величина v назначается таким образом, чтобы величина замедления a крана (тележки) вне зависимости от величины v, конструкции и размера буферов не должна превышать 2,5 м/с^2.

Указания по расчету буферных устройств и определению основных показателей процесса остановки крана (тележки) с помощью этих устройств приведены в приложении Н.

7.4 Противоугонные устройства

Все краны, установленные на открытом воздухе, должны быть оборудованы противоугонными устройствами в соответствии с требованиями ПБ-10-382-00 и РД 10-090-102-01 [45].

7.5 Безопасный выход с крана

Должны быть предусмотрены средства (галереи, телескопические лестницы, и т.п.) обеспечивающие безопасное покидание крана крановщиком в аварийных ситуациях. Веревочные лестницы в качестве таких средств использоваться не должны. Устройство и расположение указанных средств должны быть согласованы с заказчиком. В соответствующих случаях средства безопасного покидания должны быть включены в состав строительного оборудования объекта и предусмотрены при его строительстве.

8 КАБИНЫ УПРАВЛЕНИЯ

Устройство и расположение кабин управления должно соответствовать требованиям ПБ 10-382-00, ГОСТ 27584 [17], а также «Санитарным правилам по устройству и оборудованию кабин машинистов кранов» [37].

Для оснащения кранов рекомендуются закрытые кабины. Открытые кабины могут устанавливаться только на кранах, работающих в помещении и при условии соответствия параметров окружающей кран среды установленным гигиеническим требованиям.

Вне зависимости от вида кабины, ее конфигурация, расположение кресла и аппаратов управления и остекление должны обеспечивать надлежащий обзор для крановщика. При этом предусматривается, что он должен иметь возможность работать сидя; наклон корпуса вперед не должен превышать $10 - 15^0$. Детальные требования к обзорности и позе крановщика - см. [17, 62].

Кабины должны быть оборудованы средствами связи с подкрановыми рабочими. Выбор вида и характеристик средств связи согласуется с заказчиком крана.

Вибрация в кабине не должна превышать требованиям Санитарных норм» СанПиН 2.2.4/2.1.566-96 [36]. В случае превышения предельно допустимых значений показателей вибрации кабина (или кран) должна быть оборудована виброзащитным устройством.

Часто с целью защиты кабины от вибрации в шарниры ее крепления к остову крана встраивают резино – металлические вкладыши. Таким образом удается поглотить только вибрации сравнительно высокой частоты – выше 40 – 50 Гц, и в определенной мере способствовать звукоизоляции кабины. Однако, для кранов характерны значительно более низкие частоты – порядка 3 – 12 Гц, причем амплитуда колебаний может достигать 2-5 мм. Здесь эффективной оказывается подвеска кабины с помощью виброизолирующей подпружиненной рычажно - шарнирной системы, с параметрами обеспечивающими частоту собственных колебаний кабины в 2 – 3 раза (и более) ниже собственной частоты колебаний остова крана. Для эффективного действия системы, в состав ее должны входить элементы, рассеивающие энергию колебаний. В качестве их часто находят применение гидравлические демпферы автомобильного типа

Сведения по устройству и проектированию виброзащитных подвесок крановых кабин– см. [62,67,68,72].

Уровень шума в кабине работающего крана при закрытом остеклении не должен превосходить значений, установленных санитарными нормами СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 [35]. Это требование относится как к шуму работающих механизмов крана, так к внешнему шуму, от работающего вне крана оборудования и транспортных средств.

Параметры микроклимата в кабине должны соответствовать требованиям Санитарных правил и норм СанПиН 2.2.4.548-96 [34].

При этом должна быть обеспечена часовая подача воздуха порядка 1000 $м^3$; помимо температуры и влажности воздуха следует контролировать уровень его запыленности и наличие в атмосфере ряда газов.

В кабинах кранов горячих цехов предусматривают теплоизоляцию корпуса; окна выполняют с двойным остеклением.

Для обеспечения необходимых параметров атмосферы применяют устройства подачи внешнего воздуха. Такие устройства, например, могут быть выполнены с размещением вдоль одного из крановых путей воздуховода, в который под ограниченным давлением поступает атмосферный воздух. Одна из стенок воздуховода перекрыта резиновыми лентами, по стыку которых перемещается, снабженный уплотнительным приспособлением воздухоприемный патрубок кабины. Однако, в практике обычно используют климатические устройства – кондиционеры, общие требования к которым приведены в работе [81]. Кондиционеры изготавливаются различными как зарубежными, так и отечественными предприятиями, например

Красноярским машиностроительным заводом, Домодедовским машиностроительным заводом «Кондиционер». В необходимых случаях кондиционеры следует снабжать фильтрами, препятствующими доступ в кабину пыли и вредных для крановщика газы.

Должен быть обеспечен безопасный и удобный доступ к внутренним и внешним поверхностям окон для их очистки. Это обеспечивается как применением открывающихся окон, так и внешними площадками для выхода на них крановщиков. У кранов, работающих при отрицательных температурах, должен быть обеспечен обдув стекол, предотвращающий запотевание стекол.

9 КРАНОВЫЕ ПУТИ

9.1 Общие требования к путям

Несущие конструкции путей – крановые балки, колонны и т.д. должны быть изготовлены из стали. Железобетонные конструкции допускаются только для путей кранов, выполняющих вспомогательные операции (краны ремонтных цехов, машинных помещений силовых установок и т.д.).

Несущие конструкции путей должны соответствовать требованиям СН и П II-23-81* [29], СП 53-102-2004 [32], а устройство галерей, лестниц, площадок и оборудования путей – ПБ 10-380-00.

Указания по расчету и проектированию балок крановых путей – см. [82,92].

Сведения о конструировании и расчету путей кранов металлургических предприятий приведены также в рекомендациях AISE [61].

9.2 Расчетные нагрузки

Расчетные нагрузки, передающиеся на пути от установленных на них кранов не должны быть менее регламентированных СНиП 2.01.07-85* [28].

Рекомендуются расчетные нагрузки назначать в соответствии с указаниями раздела 4 настоящего «Руководства».

Результаты экспериментальных исследований нагрузок, действующих на пути мостовых кранов достаточно подробно изложены в работе [83].

9.3 Рельсы крановых путей

Для путей транспортно-технологических кранов металлургической промышленности следует применять железнодорожные рельсы по ГОСТ Р 51685 типов Р50, Р65 и Р75 [22] и крановые рельсы по ГОСТ 4121 [3].

Тип (размер) рельса назначает предприятие – изготовитель крана.

При отсутствии рекомендаций изготовителя, рельсы могут быть выбраны с использованием расчета, исходя из прочности рельса по статическим характеристикам материала.

При этом следует учитывать также действие поперечных нагрузок от ходовых колес.

Для более точных расчетов крановых рельсов по критерию сопротивления статическим нагрузка могут быть использованы материалы, приведенные в работе [69]; для железнодорожных рельсов в работе [101].

Рельсы рекомендуется проверять также по критерию усталостного износа поверхности головки (Приложение С).

Рельсы по ГОСТ Р 51685 должны применяться термоупрочненные (категории качества В, Т1 и Т2). В случае использования не термоупрочненных рельсов (категория качества Н), головки рельсов по концам следует подвергнуть термоупрочнению.

Рельсы категории Н должны быть подвергнуты копровой пробе по ГОСТ Р 51685 при температуре, соответствующей температуре их эксплуатации.

Крановые рельсы по ГОСТ 4121 должны заказываться с твердостью головки от 321 до 390 НВ.

Для кранов, устанавливаемых на существующих конструкциях, тип рельса согласовывают с владельцем крана.

9.4 Стыки рельсов

Общие указания

Для кранов групп режима не выше А5 и при скоростях передвижения крана не более 1м/с допускается применять болтовые скрепления; в остальных случаях рекомендуется использовать сварные стыки.

Для соединения железнодорожных рельсов по ГОСТ Р 51685 предназначены стандартные двухголовые накладки по ГОСТ 19128 [11] и ГОСТ 8193 [6].

Для соединения крановых рельсов КР служат специальные болтовые накладки (см. Приложение Т).

Установочные зазоры в болтовых стыках должны находится в пределах 3мм при температуре плюс 20^{0}С.

Длина отдельных отрезков рельсов не должна быть менее 3,5м.

Стыки противоположных рельсов не должны располвгаться в одном поперечном сечении крановых путей.

Сварные стыки.

При выполнении сварки следует обеспечивать твердость поверхности стыка, соответствующую твердости головок соединяемых рельсов.

Для сварных стыков используют ванную – термитную, или электродуговую сварку.

Термитная сварка основана на химической реакции, происходящей при взаимодействии перемешанных и нагретых до 1300^{0}С порошкообразного алюминия и окиси железа (термит).

При этом железо восстанавливается, свободный кислород и алюминий образуют окись алюминия с выделением большого количество тепла. Реакция происходит в закрытом тигле (ванне), что увеличивает тепловой эффект. Более тяжелое железо вытекает в установленную на заранее выверенном стыке форму и заполняет стыковой зазор, расплавляя одновременно рельсовые торцы. Концы рельсов перед этим очищаются и подогреваются до температуры 850 – 900^{0}С. Свариваемые рельсы стягиваются струбциной, часть расплава при этом выжимается, образуется сварной стык по всему сечению рельса. Окись алюминия выходит в шлак. Готовый стык зачищвется зубилом и обрабвтываается шлифовальным камнем.

При электродуговой сварке соединение рельсов происходит за счет расплавления рельсовых торцов, заполнения зазора рвсплавленным металлом и его сплавления с металлом рельса. В практике используют преимущественно электродуговую сварку.

В Приложении У приведены разработанные ВНИИПТМАШ указания по выполнению электродуговой сварки крановых рельсов.

Температурные стыки рельсов следует располагать в местах сопряжения температурных блоков здания.

Так как несущая способность элементов такого стыка ниже, чем у рельсов, температурные стыки рекомендуется выполнять сменными, и подсоединять их элементы к рельсам с помощью дополнительных промежуточных элементов, с использованием обычных рельсовых стыков.

Положение внешних (свободных) торцов плетей ограничивается упорами, предусмотренными на несущих балках путей. Суммарное расстояние (зазор) между торцами одной плети и упорами должно составлять 40 – 50мм.

В Приложении Ф приведена типовая конструкция температурных болтовых стыков железнодорожных и крановых рельсов. При этом в месте стыка снимают боковые стороны головок рельсов, и перекрывают стык фасонными накладками; в стенках рельсов предусматривают овальные отверстия.

Хорошие результаты в практике ВНИИПТМАШ дает применение косых стыков с разрезкой рельса под углом ~ 60° к продольной оси и креплением концов рельса прижимными планками.

9.5 Скрепления рельсов и установка их на упругие подкладки

Скрепления рельсов должны обеспечивать надежную передачу воздействий от ходовых колес кранов на крановые балки, в том числе и при предельно возможных в эксплуатации условиях.

Скрепления рельсов с балками крановых путей должны быть разъемными (подвижными). Скрепления выбирают по стандартам, нормалям проектных организаций и предприятий - поставщиков типовых скреплений.

При необходимости проверки скреплений их следует рассчитывать, исходя из наибольших горизонтальных нагрузок на ходовые колеса кранов, в сочетании с наименьшими вертикальными нагрузками (Например, для нагрузок ходовых колес крана, с расположением их стороны моста, противоположенной расположению грузовой тележки). При этом значение коэффициента трения между подошвой рельса и балкой принимают равным 0,05.

Для путей кранов групп режима не выше А5 и фиксации железнодорожных рельсов могут быть использованы крепления с помощью попарно устанавливаемых и снабженных гайками крючьев (Приложение Х). Особенностью этих захватов является возможность изменения положения рельсов в относительно широких пределах – до ± 30мм. Однако, возможность такого смещения, влияющего на напряженное состояние верхней зоны стенки крановой балки, и, в особенности, соединительных швов стенки и пояса, должна быть подтверждена расчетом.

Для крепления крановых рельсов применяют крепления с прижимными планками, размеры которых для рельсов типов КР80 – КР120 регламентированы ГОСТ 24741 [14].

Для уменьшения нагруженности верхней зоны балки, повышения плавности хода крана и снижение уровня шума при его движении рекомендуется устанавливать рельсы на низкомодульные упругие подкладки из низкомодульного материала..

Установка рельсов на такие подкладки существенно (до 2 – 4 раз) снижает уровень фактических местных напряжений, возникающих под крановыми ходовыми колесами. Эти напряжения, существенно превышают получаемые обычными расчетами, в которых не учитываются неровности контактных поверхностей подошвы рельса и поясного листа балки.

Одновременно повышение плавности хода кранов способствует увеличению долговечности конструкций крана и крановых путей.

Подкладки выполняют в виде стальных листов, на который нанесен имеющий рифленую рабочую поверхность слой натурального или синтетического каучука.

Для выбора и расчета подкладок могут быть использованы указания, изложенные в работе [53].

Наиболее эффективными следует считать скрепления, разработанные фирмой Gantry Krantechnik GmbH (ФРГ) и предусматривающие обязательное использование упругих подкладок.

Сведения по этим скреплениям – см. приложение Ц.

В практике находят место случай установки рельсов на подкладки, изготовленные из конвейерной ленты. Обычно, такие подкладки под воздействием нагрузки от рельсов быстро разрушаются. В отдельных случаях, при кранах групп режима не выше А5 -- А6 и нагрузке на ходовое колесо до 150 кН хорошие результаты может дать установка рельсов на размещаемые на подкрановой балке отрезки деревянных шпал [73], однако, деревянные шпалы не следует применять в горячих цехах.

9.6 Тупиковые фланцевые упоры

Расчет упоров следует проводить на нагрузки, методика определения которых изложена в разделе 5 настоящего «Руководства». При этом они не должны быть меньше, регламентированных СНиП 2.01.07-85*.

Схемы типовых конструкций упоров приведены в Приложении И.

9.7 Точность установки путей

Допускаемые отклонения от точности установки рельсов (в соответствии с рекомендациями [60]).

Отклонения каждой нитки путей от теоретического положения в горизонтальной плоскости по размеру пролета не должны превышать ± 6мм при температуре замеров + 20°С.

Максимальное допустимое отклонение каждого рельса не должно превышать 6 мм на длине участка путей 15 м, но не более 12 мм от теоретического положения на всей протяженности путей.

Отклонения в высотных уровнях расположения головок рельсов крановых путей не должны превышать 5мм на длине участка путей 15 м, но не более 12 мм по всей протяженности путей от теоретического положения.

Отклонения рельсов в плане от теоретического положения относительно осей колонн не должны превышать 75% от толщины поясных листов колонн.

Остальные отклонения – в соответствии с требованиями ПБ 10-382-00.

* Сведения о принятым в Странах Западной Европы допускаемым отклонения т- см.[102].

10 НАДЕЖНОСТЬ И ГАРАНТИИ

10.1 Показатели надежности

При отсутствии дополнительных требований, наработка крана на отказ должна быть не менее 2000 циклов работы крана.

Удельная суммарная трудоемкость технических обслуживаний не должна превышать 10; 20 и 30 часов на 1000 циклов работы, для кранов грузоподъемностью до 20 т; 80 т и свыше 80 т соответственно.

10.2 Гарантии изготовителя

Предприятие-изготовитель гарантирует исправную работу крана в течение не менее 18 месяцев со дня ввода крана в эксплуатацию, но не более 30 месяцев со дня изготовления крана при условии соблюдения условий эксплуатации, транспортирования, хранения и монтажа крана, установленных эксплуатационной документацией изготовителя крана.

Гарантии не распространяются на сменные элементы – тормозные обкладки, стальные канаты, ходовые колеса крана. Установленные сроки службы этих элементов должны быть указаны в Инструкции по эксплуатации крана.

Гарантия не распространяется на электрические лампы накаливания и плавкие вставки предохранителей.

10.3 Информация владельца о фактических показателях надежности крана.

Владельцу крана рекомендуется периодически (не реже одного раза в 3 года) направлять предприятию-изготовителю сведения о фактических значениях надежностей работы крана.

Перечень сведений приведен в Приложении Е.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Сведения, подлежащие включению в опросный лист мостового крана (примерное содержание опросного листа, составляемого изготовителем с учетом требований заказчика)

№ п.п.	Сведения, показатели, требования.	Примечание
1	Грузоподъемность, т главный подъем вспомогательный подъем	Предоставляет заказчик
2	Технологическое назначение крана Основные работы вспомогательные работы	То же
3	Группа режима работы крана	Предоставляет заказчик; в сомнительных случаях или при затруднениях предоставляет исходные данные для определения режима (см. примечание к табл.)
4	Группы режима работы каждого из рабочих механизмов крана	То же
5	Габаритная схема крана с размерами и схемой расположения и нагрузками на ходовые колеса (вертикальными и горизонтальными)	Предоставляет изготовитель по исходным данным заказчика заказчик
6	Условия эксплуатации крана, в т.ч. установка (на открытом воздухе, в помещении): Интервал рабочих температур, включая особенности эксплуатации крана при температурах выше 60^{O}C Агрессивность, запыленность атмосферы Ожидаемая температура нагрева основных элементов крана (пролетные и концевые балки, подвеска, канаты и т.д.)	Предоставляет заказчик Отмечается длительность работы при температурах выше 60^{O}C, влияние действия технологического оборудования. Содержание пыли, паров кислот, щелочей и т.д. в г/м^{3} воздуха.
7	Состояние крановых путей: Новые или эксплуатируемые пути, фактическое состояние последних (отклонения, стыки) Вид тупиковых упоров, буфера упоров, их высота над крановым рельсом	Предоставляет заказчик
8	Установленный срок службы крана до списания	Согласовывается изготовителем и заказчиком с учетом п.22 настоящего документа.
9	Скорости каждого из рабочих механизмов крана, м/с в т.ч. номинальная скорость диапазон регулирования	Предоставляет заказчик

№ п.п.	Сведения, показатели, требования.	Примечание
	требования к фиксированным скоростям	
10	Предельно допустимые ускорения (замедления)	То же
11	Вид питающего тока	То же
12	Вид главного токоподвода: гибкий кабель, троллейный с жесткими, гибкими троллеями	То же
13	Токоподвод к тележке	То же
14	Размещение источников питания (преобразователей)	То же
15	Вид привода для каждого из рабочих механизмов (переменный ток, постоянный ток)	То же
16	Система управления приводом каждого из рабочих механизмов (частотное регулирование, релейно-контакторное и т.д.)	Представляет изготовитель по согласованию с заказчиком
17	Размещение аппаратуры в полостях балок в шкафах	То же
18	Особенности привода механизма подъема Удержание груза на весу двигателем Число и расположение тормозов Устройства синхронизации многодвигательного привода	То же Предоставляет изготовитель по данным заказчика
19	Особенности привода механизма передвижения тележки Система управления тормозом	То же
20	Особенности привода механизма передвижения краном Система управления тормозами Система предотвращения перекоса при движении (при необходимости)	То же
21	Приборы безопасности Ограничитель (ограничители) грузоподъемности Устройство для предотвращения столкновений кранов	 Предоставляет заказчик с условием требований нормативов Предоставляет изготовитель
22	Регистратор работы крана (фиксируемые параметры, способ считывания показателей, емкость памяти и т.д.)	Предоставляет изготовитель
23	Системы и устройства автоматизации Устройство позиционирования, точность действия Крана Тележки Груза Устройства подавления колебаний груза, характеристики действия системы. Устройство для опознавания груза Автоматические системы управления (полуавтоматические), вид, требования.	То же, по запросу заказчика.

№ п.п.	Сведения, показатели, требования.	Примечание
24	Кабина управления, ее расположение Вид кабины Открытая Закрытая Дополнительные посты управления (для ремонта) Особенности планировки кабины (вспомогательные отсеки, санитарный блок, место стажера и т.п.)	Предоставляет заказчик
25	Особенности остекления Тип стекол (стеклопакеты, тонированные и т.п.) Способы очистки стекол	Предоставляет заказчик совместно с изготовителем
26	Климатические установки: кабины – отопление, вентиляция, кондиционер	Предоставляет изготовитель
27	Необходимость монтажа крана силами изготовителя (или шефмонтажа)	Предоставляет заказчик
28	Оснащение крана приборами внешнего освещения	То же
29	Установка на пути при наличии уже действующих кранов Данные действующего крана: Тип крана Грузоподъёмность Скорость Тип буферных упоров крана, их высота	То же
30	Цветовое оформление крана	То же
31	Необходимость подавления радиопомех	То же
32	Необходимость выхода крана из цеха на внешнюю эстакаду	То же
33	Оборудование крана вспомогательной площадкой и др. приспособлениями для обслуживания и ремонта	То же

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Рекомендации по назначению классификационных групп режима работы

Б.1 Примеры классификационных групп режима работы кранов в целом.

В таблице Б.1 даны ориентировочные значения классификационных групп режима для кранов, соответствующие типовому их использованию. Эти значения соответствуют расчетному сроку службы кранов в 25 лет. Для других сроков, а также в зависимости от конкретной интенсивности использования, они подлежат соответствующей корректировке.

Таблица Б.1-Ориентировочные группы режима работы кранов

Наименование объекта, обслуживаемого краном	Тип крана	Группа режима
Участки разделки металлолома	Копровый	А7
Участки подготовки шихты	Магнитно-грейферный	А8
Сталеплавильное производство	Литейные краны (разливочные и заливочные)*	А6
Нагревательные отделения прокатных цехов	Колодцевый клещевой кран*	А7
Перегрузка заготовок в прокатном производстве, в том числе и при отправке потребителю	Кран с подхватами	А7
	Кран магнитный с поворотной траверсой	А7
	Кран с поворотной тележкой и управляемыми клещами	А7
Отгрузка рулонов стали из прокатных цехов	Кран крюковой, в т.ч. с поворотным крюком	А8
Кузнечно – прессовые цеха	Ковочный кран с манипулятором	А6
	Закалочный кран	А6
Конверторные установки	Мостовые и полукозловые краны с загрузочным совком	А7

Б.2 Предварительная оценка групп режима работы механизмов и стальных конструкций.

Для предварительной оценки групп режима работы механизмов и элементов стальных конструкций в зависимости от группы режима работы крана могут быть использованы данные таблицы Б.2.

Таблица Б.2-Зависимость группы режима работы механизмов и элементов стальных конструкций от группы режима работы крана

Группа режима работы крана	Среднее число циклов работы в час	Среднесуточное время работы механизма подъема, ч.	Механизм			Стальная конструкция
			Подъем груза	Передвижения		
				Тележки	крана	
А1	До 1 – 2	До 0,5 -1,0	М1	М1	М1	Е1
А2	2 – 4	Св.1 до 2	М2	М1- М2	М1 – М2	Е2-Е3
А3	4 – 6	Св.2 до 3	М2 – М3	М2	М2 – М3	Е3-Е4
А4	6 – 8	Св.2,5 до 3	М3 – М4	М3	М3 – М4	Е4-Е5
А5	8 – 12	Св.3 до 4	М5 – М6	М3 – М4	М4- М5	Е5-Е6
А6	12 – 18	Св.4 до 8	М6 – М7	М4 – М5	М5-М6	Е6-Е7
А7	15 – 25	Св.8 до 12	М7	М5 – М6	М6 – М7	Е7-Е8
А8	Св. 25	Св. 10 до 18	М8	М7 – М8	М7 – М8	Е8

Б.3 Использование кранов по времени.

Некоторые ориентировочные показатели использования различных кранов по времени (включая и специализированные краны) даны в таблице Б.3.

Таблица Б.3-Показатели работы кранов на металлургических предприятиях

Назначение крана	Кран			Мост			Тележка			Главный подъем			Вспомогат. подъем		
	Среднее число часов работы за год	Нормальная эксплуатационная температура °С	Наиболее высокая температура °С	Среднее число часов работы в год	% время работы за час	Число рабочих движений в час	Среднее число часов работы в год	% время работы за час	Число рабочих движений в час	Среднее число часов работы в год	% время работы за час	Число рабочих движений в час	Среднее число часов работы в год	% время работы за час	Число рабочих движений в час
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Краны коксового производства и доменных дутьевых установок															
Грейферный кран	3240		43	1458	45	19	1458	45	25	2009	62	25	2106	65	27
Кран рудного двора	6840			3078	47	14	3762	55	48	2941	43	38	2736	40	100
Кран транспортировки шлака	5400		38	1670	31	21	1836	34	30	2052	38	21	3240	60	35
Транспортировка скрапа	7200			3240	45	30	1440	20	27	4104	57	80			
Литейный двор	1080			648	60	32	400	37	32	616	57	75	432	40	20
Разливочный двор	1800			360	20	22	630	35	25	576	32	15	846	47	17
Склад песка	360			324	90	21	342	95	21	54	15	21	324	90	20
Бассейн охлаждения	720			360	50	30	108	15	60	180	25	60	216	30	60
Рудный перегружатель	7560			756	10	10	3780	50	35	454	6	35	3024	40	35
Угольный (коксовый) перегружатель	5760			1440	25	15	2880	50	78	634	11	78	2419	42	78
Производство литой стали															
Завалочная машина	6840	33	44	2120	31	98	3146	46	89	1847	27	80	1368	20	88
Краны для загрузки расплавленного металла	6480	48	54	2850	44	27	1426	22	32	1750	27	13	2592	40	31
Литейные	6480	38	42	2916	45	33	3110	48	23	1690	26	9	1361	21	18
Краны миксерной установки	3600	32	49	648	18	12	1008	28	18	1980	55	20	1080	30	33
Кран загрузки электропечей	2880			864	30	45	864	30	60	1728	60	100			
Склад сырья	6480	21	27	1940	30	76	2851	44	89	3110	48	93			
2 Подготовка скрапа					10	64		50	61		40	32			
Пакетирование скрапа	7560			2040	27	40	2268	30	40	3780	50	80			
Разрезка скрапа	7560			4990	66	40	1275	17	40	4838	64	80			
Колошниковый кран	5400		54	1350	25	55	810	15	57	1890	35	30	2430	45	90
Грейферный кран	5040			2420	48	52	2218	44	49	2066	41	43	1915	38	20
Транспортировка шлака	6480			1820	28	25	1944	30	8	2268	35	10			
Склад окалины	5040	21	38	2120	42	55	2621	52	80	3276	65	82	4032	80	25
Ломка настыля	6480	21	27	1620	25	70	2592	40	71	3110	48	23	3564	55	37
Общее обслуживание	3960		38	1310	33	22	911	23	26	555	14	23	1584	40	56

Назначение крана	Кран			Мост			Тележка			Главный подъем			Вспомогат. подъем		
	Среднее число часов работы за год	Нормальная эксплуатационная температура °С	Наиболее высокая температура °С	Среднее число часов работы в год	% время работы за час	Число рабочих движений в час	Среднее число часов работы в год	% время работы за час	Число рабочих движений в час	Среднее число часов работы в год	% время работы за час	Число рабочих движений в час	Среднее число часов работы в год	% время работы за час	Число рабочих движений в час
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Транспортировка слитков															
Транспортировка слитков			6840	1500	22	30	1163	17	33	3762	55	17	342	5	28
Нагревательные колодцы		50	3960	1660	42	42	1703	43	42	2020	51	60	832	21	50
Стрипперование		21	4680	1070	23	38	1638	35	38	2059	44	64	1132	24	31
Склад изложниц		22	6420	2570	42	44	1714	28	63	2815	46	55	612	10	20
Прокатное производство															
Склад слябов	6480	16	38	3629	56	26	1944	30	34	2786	43	30	778	12	16
Загрузка слябов в печь	4680		41	1400	30	40	1640	35	45	2800	60	61	468	10	10
Транспортировка металла и полос	6480	43	44	3694	57	27	1426	22	26	2203	34	41			
Прокат сутанки	4320		42	1690	39	23	1166	27	23	2030	47	31			
Складирование сутанки	7200	38	38	935	13	10	864	12	10	1800	25	35			
Прокат рельсов	3600		38	1440	40	10	720	20	20	1800	25	35			
Перегрузка рельсов	6240	38		2430	75	20	1620	50	20	1620	50	20			
Складирование рельсов	7920			3240	41	30	4356	55	30	3722	47	80			
Горячая прокатка	5400		46	1400	26	18	1296	24	22	1188	22	13	1782	33	15
Холодная прокатка полос	6840	24	38	2530	37	20	1984	29	27	1505	22	26	2120	31	24
Складирование рулонов	7920	24	49	5227	66	73	3247	41	72	3485	44	66			
Склад рольгангов	4320	24	32	1730	40	28	1166	27	24	1037	24	19	1080	25	26
Обслуживание прокатного производства	5040	32	43	1810	36	30	1260	25	30	1663	33	19	1865	37	40
Склад	5040			1810	36	31	1410	28	41	1560	31	33	2020	40	30
Холодильник	5760		56	1840	32	26	2189	38	27	2822	49	35			
Крышки колодцев	5400		38	2700	50	25				1350	25	20	1350	25	25
Отделочное прокатное отделение															
Хранилище слябов	6480	27	38	1944	30	40	1944	30	40	1944	30	20	324	5	2
Склад сутанки	3960			1660	42	32	475	12	32	1069	27	45			
Печное отделение	4320			2592	60	30	648	15	30	1080	25	30			
Обслуживание прокатки	5040	27	41	1870	37	19	1411	28	23	1562	31	17	1109	22	25
Отгрузка	5760	21	38	2995	52	35	1382	24	36	2304	40	52			
Склад	5040	24	38	2320	46	31	1260	25	32	2419	48	35			
Сортировочное помещение	7200			3600	50	60	1800	25	60	2160	30	60			
Горячий стеллаж	1440			216	15	5	144	10	17	288	20	15			
Травление	6840	27	43	2800	41	30	1710	25	39	2462	36	47			
Прокатка жести	6840	24	38	2530	37	36	1710	25	41	2394	35	42	684	10	20
Отжиг	7200	19	47	2890	40	22	2232	31	24	2016	28	16	2808	39	25
Перегрузка и прокатка пруткового материала и проволоки															
Склад заготовок	7800	19	31	4300	55	27	2340	30	27	2730	35	17			
Прокат проволоки	4300	27	46	3000	30	25	1300	30	25	1700	40	20			
Погрузка прутков	8000	16	43	6400	80	70	4800	60	70	3200	40	50			
Отделение очистки	8000	32	38	4800	60	100	1600	20	60	3200	40	90			
Отжиг прутков	6900	31	43	3800	55	85	2400	35	65	1700	25	30	5500	80	100
Склад прутков	7300	34	36	4400	60	34	2200	30	34	700	10	34			

Назначение крана	Кран			Мост			Тележка			Главный подъем			Вспомогат. подъем		
	Среднее число часов работы за год	Нормальная эксплуатационная температура °С	Наиболее высокая температура °С	Среднее число часов работы в год	% время работы за час	Число рабочих движений в час	Среднее число часов работы в год	% время работы за час	Число рабочих движений в час	Среднее число часов работы в год	% время работы за час	Число рабочих движений в час	Среднее число часов работы в год	% время работы за час	Число рабочих движений в час
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Отделение патентования	2900	32	34	1900	65	32	450	15	32	580	20	32			
Хранение заготовок	8000	16	43	6400	80	100	2400	30	50	3200	40	40			
Прокат труб															
Горячая прокатка	8000	32	60	4800	60	60	1600	20	60	2640	33	30			
Отделка	8400	27	46	5050	60	70	1700	20	70	2800	33	35			
Гальванопокрытие	8400	24	46	5050	60	70	1700	20	70	2800	33	35			

Примечание- При составлении таблицы Б.3 использованы данные промышленности США.

Б.4 Пример расчетного определения группы режима литейного крана (условный).

Рассматривается определение группы режима мостового литейного крана грузоподъемностью (номинальной, нетто) 500 +100/20т.

Кран установлен в конверторном цехе металлургического предприятия и используется для подачи ковшей с расплавленным металлом на стенды машин, непрерывной разливки стали, а также для выполнения различных вспомогательных операций.

Расчетный срок службы несущих конструкций здания – 50лет; предусматривается одна замена крана за срок службы здания. Отсюда расчетный срок службы крана принят в 25 лет.

В цехе установлено 6 машин непрерывной разливки, которые должны обслуживаться тремя перемещающимися по общим путям кранами.

Годовая производительность цеха – $П = 3{,}2$ млн.т стали. На каждый кран приходится:

$Q = k \times П / 3 = 1{,}17$ млн.т,где $k = 1{,}1$ – коэффициент неравномерности.

За срок службы крана каждый кран должен транспортировать:

$Q_{25} = 25 \times Q = 29{,}25$ млн. т.

Масса тары (ковша) – 80 т. Масса полезного груза $M = 500 - 80 = 420$ т.

Число циклов работы крана при выполнении им каждой из технологических операций за срок его службы: $C_{ip} = Q_{25}/M = 69640$.

Основные технологические операции, выполняемые краном за каждый цикл его работы (как главным, так и вспомогательными подъемными механизмами) перечислены в таблицы Б.4.

Таблица Б.4-Основные технологические операции

№ п/п	Наименование технологической операции	Масса груза, т
1	Съём ковша с тележки и установка его на разливочную машину	500
2	Установка на ковш крышки	5
3	Съем с ковша крышки	5
4	Подача к ковшу шлаковой чаши	3
5	Опрокидывание ковша с шлаком в чашу	90
6	Установка порожнего ковша на тележку	80
7	Транспортировка порожней чаши для разгрузки	3

Помимо основных технологических операций, кран выполняет вспомогательные работы – транспортировку частей машин непрерывной разливки и другого оборудования при их ремонте, уборку цеха и т.п.

Грузы, транспортируемые при этих работах, и соответствующие числа циклов за один год и за полный срок службы крана показаны в таблице Б.5.

Таблица Б.5-Число циклов работы крана

Наименование груза, операции	Масса, т	Число циклов работы C_i	
		За год	За 25 лет
Части оборудования	100	40	1000
Части оборудования	50	60	1500
Части оборудования	20	160	4000
Части оборудования	10	200	5000
Уборка с помощью магнита	5	1000	25000

Суммарное число циклов работы крана за срок службы:

$$C_T = 69460 \times 7 + (1000+1500+4000+5000+25000) = 522720.$$

Здесь 7 – количество технологических операций, выполняемых краном.

Коэффициент распределения нагрузок, определяемый по формуле (2.1), раздел настоящего «Руководства», составит K_p=0,135. Стандартом предусмотрено для группы режима А4 сочетание K_p = 0,125; C_T = 500000, что примерно соответствует полученным данным расчетом показателям.

Одновременно следует иметь в виду, что для кранов транспортирующих расплавленный металл группу режима работы следует принимать не менее А6.

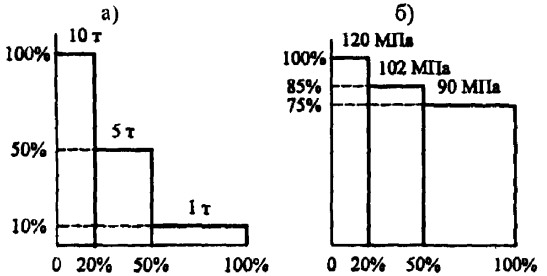
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Пример определения группы режима элемента стальной конструкции.

Определяется группа режима пролетной балки моста крана с управляемыми клещами и поворотной тележкой грузоподъемностью 10 т и пролетом 32 м.

Группа режима крана в целом А6, масса грузовой тележки в сборе с несъемными клещами – 30т, расчетное число циклов работы крана – $2x10^6$. 20% времени кран работает со 100% загрузкой, 30% - с 50% и 50% - с 10% загрузкой.

По условиям использования крана, во время каждого из рабочих циклов тележка перемещается от края моста до центра пролета. Группа режима определяется для сечения пролетной балки в центре пролета.

График изменения массы груза в течение срока службы крана - в соответствии с рисунком Б.1, а), причем груз в 10т соответствует 100%, а суммарное число циклов работы крана – $2x10^6$ (100%).



а) распределение нагрузок; б) распределение напряжений.

Рисунок Б.1-Нагрузочные расчетные графики

Наибольшее расчетное напряжение при перемещении груза в 10 т – 120 МПа (100%). Для грузов 5 и 1 т – соответственно 102 и 90 МПа (85 и 75%); график изменения напряжений показан на рисунке Б.1, б). Расчет по формуле (2.4) дает значение $K_{pc} \equiv 0,5$. При этом классификационная группа для данного элемента – Е8.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Перечень показателей крана, подлежащих регистрации изготовителем и передаче заказчику

Результаты высотной и плановой геодезической съемки моста крана (по осям головок подтележечных рельсов).

Результаты замеров точности взаимного расположения соединяемых муфтами валов и зубчатых колес открытых передач.

Схема замеров расположения ходовых колес крана и грузовой тележки, с указанием фактических отклонений их положения от проектного.

Данные замера показателей электрооборудования, обеспечивающих равномерное распределение нагрузок между двигателями многодвигательного привода, например, значения сопротивлений роторных цепей электрических двигателей.

Результаты контроля точности изготовления элементов несущей стальной конструкции.

Паспорта механических узлов и комплектующего оборудования с указанием результатов их проверок и испытаний.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Сведения, подлежащие включению в Инструкцию по эксплуатации крана

Приведенные здесь сведения подлежат включению в Инструкцию по эксплуатации в дополнение к сведениям, предусмотренным ПБ 10-382-00.

Технологическое назначение крана:

- операции, выполняемые краном;
- примерное распределение нагрузок по величине;
- установленные изготовителем ограничения (по нагрузкам, протяженности ходов отдельных механизмов, числу включения приводов за цикл работы крана).

Сведения о ремонтах, заменах.Установленный срок службы деталей и узлов механизмов, в т.ч. ходовых колес крана и тележки, канатных барабанов, блоков, грузовых крюков, редукторов.

Возможные причины повреждений стальных конструкций.

Рекомендации по ремонту стальных конструкций.

Типовые возможные отказы элементов электрооборудования, включая токоподвод, приводы, устройства управления.

В случаях возможности нагрева канатов, в Инструкцию следует включать указания по контролю состояния отрезков канатов, размещаемых в зонах нагрева («свидетели»).

Примечание. Срок службы канатов до замены (в соответствии с приведенными в ПБ 10-382-00 браковочными нормами и указаниями Инструкции по эксплуатации) определяет владелец крана с учетом технологических особенностей эксплуатации крана.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Перечень показателей, рекомендуемых к регистрации владельцем в ходе эксплуатации крана и последующей передачи их изготовителю

Е.1.Технологическое использование крана:

- операции, выполняемые краном;
- структура типового цикла работы крана (включая и вспомогательные операции);
- распределение нагрузок по величине;
- повторяемость нагрузок по величине (в табличной или графической форме) с указанием числа циклов работы, соответствующих отдельным ступеням нагрузок;
- значения средних ходов грузовой тележки и крана за цикл работы.
- число включений основных механизмов за цикл работы крана.

Е.2 Срок службы (число замен) сменных элементов (тормозные обкладки, канаты).

- Срок службы деталей и узлов механизмов.
- Причины выхода из строя (поломка, износ и т.д.).
- Проведенные ремонты и замены.

Е.3 Выявленные повреждения элементов стальных конструкций.

- Сведения о ремонтах стальных конструкций.
- Возможные причины повреждений.

Е.4 Отказы элементов электрооборудования, включая токоподвод, привод. системы управления и т.д.

- Возможные причины повреждений.
- Повреждения других элементов, устранение повреждений.
- Действие приборов и устройств безопасности.
- Проведение настроек и проверок действия приборов.
- Другие замечания и пожелания, выявленные при эксплуатации крана.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Указания по установке и установочный чертеж крана

Ж.1 Общие положения.

Установка кранов в зданиях, на эстакадах, открытых площадках и т.д. производится в соответствии с установочными чертежами, разработанными на основании ПБ 10-382-00, ПУЭ и отраслевых правил безопасности, например [39]:

Установочные чертежи разрабатываются для привязки устанавливаемых грузоподъёмных кранов к технологическому оборудованию цеха, строительным конструкциям, главным троллеям цеха. В проектах установки кранов должны быть разработаны мероприятия, направленные на обеспечение безопасной посадки на кран персонала (посадочные площадки, галереи, лестницы, предусмотренные нормативной документацией), а также предусматривающие обеспечение безопасности при ремонте и техническом обслуживании кранов (расположение и оборудование ремонтных загонов, ремонтных площадок).

Установка кранов может производиться как при строительстве новых производственных цехов (в новых промышленных зданиях), так и в существующих зданиях, например при реконструкции действующих производств или при замене кранов в действующих цехах.

Ж.2 Установка кранов в новых цехах.

При проектировании новых производственных цехов определение параметров устанавливаемых кранов, выбор заводов – изготовителей кранов, согласование и утверждение габаритных чертежей, как правило, производится на стадии предпроектной проработки и уточняется в ходе проектирования. Габаритные чертежи и чертежи общего вида кранов, согласованные заказчиком и изготовителем, используются при разработке проектов расстановки оборудования, установочных чертежей кранов, чертежей строительных конструкций цехов (промышленных зданий, эстакад и т.д.) и документов электроснабжения кранов. Необходимое количество кранов определяется исходя из производительности обслуживаемого технологического оборудования и производительности самих кранов.

Технологическое оборудование и грузоподъемные краны должны быть установлены таким образом, чтобы имелась возможность перемещения груза, поднятого не менее чем на 500мм выше встречающихся на пути препятствий (оборудования, штабелей грузов, бортов подвижного состава. и т.д.) и чтобы не приходилось предварительно подтаскивать поднимаемый груз при наклонном положении грузовых канатов. Подтаскивание груза при наклонном положении грузовых канатов может привести к выходу канатов из ручьёв блоков, защемлению и обрыву канатов. Подъём грузов при наклонном положении грузовых канатов вызывает его последующее интенсивное раскачивание, что опасно для находящихся вблизи людей и оборудования. В соответствии с этим при установке кранов и технологического оборудования следует учитывать необходимые размеры рабочей зоны крана, определяемые минимальными приближениями по горизонтали грузозахватного органа крана к подкрановым рельсам (размеры e_1, e_2 на рис. Ж 1), а также минимальными приближениями крюка крана к торцевой стенке здания К (рис. Ж 2).

Величина минимального приближения крюка крана к торцевой стенке здания зависит от установки концевого упора (рис. Ж 2), положения линейки концевого выключателя и определяется по формуле:

$$K = A_1 + \frac{S_T}{2} + C, \qquad (И\ 1)$$

где A_1, A_2 – расстояния от оси грузозахватного органа до буферов, находящихся в несжатом состоянии;

S_T – тормозной путь крана (принимается по данным завода – изготовителя крана);

C – расстояние от концевого упора до торцевой стенки здания.

В частном случае, при симметричном расположении грузозахватного органа по отношению к буферам крана ($A_1 = A_2 = A/2$): $K = \frac{A + S_T}{2} + C$ (здесь A – ширина крана).

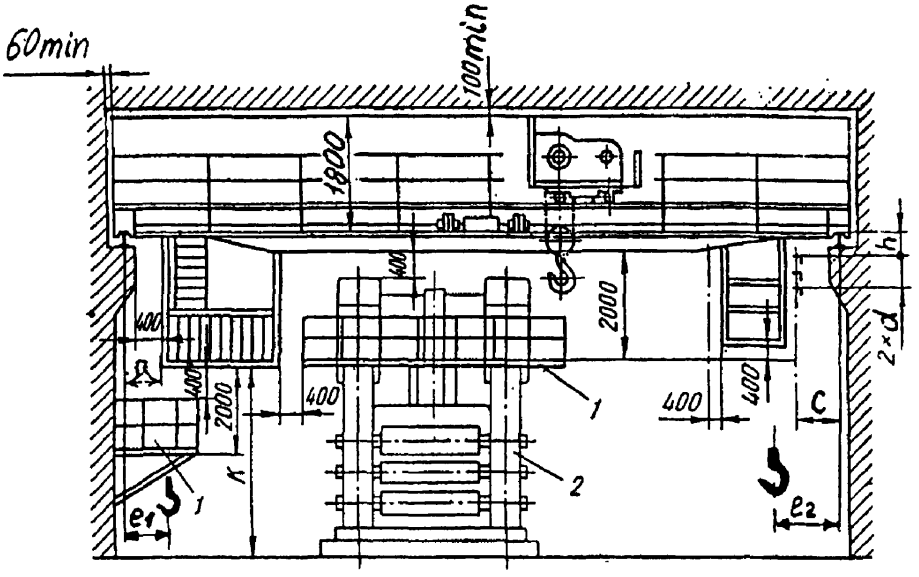


Рис.Ж.1. Габариты приближения мостового крана (размеры минимально допустимые):
1 – рабочая площадка; 2 – оборудование.

При проектировании новых цехов рекомендуется предусматривать по всей длине пролёта свободный проход (дорожку), над которым в последствии можно транспортировать краном грузы на небольшой высоте. Наличие свободного прохода обязательно для управляемых с пола кранов и электроталей. В случае установки на большой высоте кранов, управляемых с подвесного пульта управления, необходимо предусмотреть галерею вдоль подкранового пути для прохода оператора

При установке на одном общем крановом пути двух и более мостовых опорных кранов разной грузоподъёмности габариты здания и размеры рельсов принимаются по характеристикам крана большей грузоподъёмности. Кроме того, должны быть обеспечены соосность крановых буферов и одинаковое положение токосъёмников электроснабжения кранов по отношению к крановому рельсу (в соответствии с расположением главных троллеев цеха). Не рекомендуется устанавливать на один путь мостовые краны, управляемые из кабины и с пола.

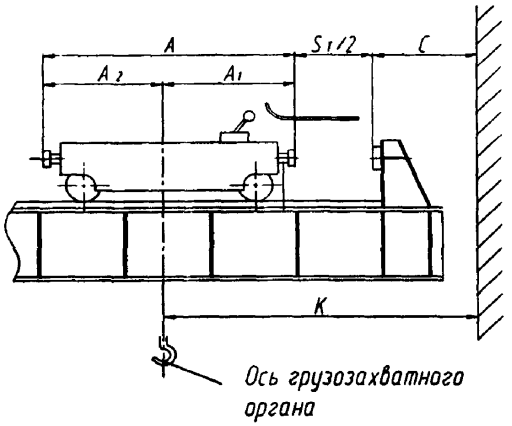


Рис.Ж 2. Приближение грузозахватного органа мостового крана к стене здания.

Ж.3 Установка кранов в действующих цехах.

При реконструкции действующих производств в существующих зданиях и при замене кранов на действующих производствах новые краны необходимо вписать в существующую технологию производства и в существующие строительные конструкции. Кран должен обслуживать имеющуюся рабочую площадку, поэтому особое внимание в этом случае уделяется размерам рабочей зоны крана, которая определяется приближениями грузозахватного органа к колоннам здания (размеры e1, e2 на рис.Ж.1) и минимальными приближениями крюка крана к торцевым стенкам здания (размер К на рис. Ж.2) при заданном расположении концевых упоров. Минимальное значение ширины крана А (рис. Ж.2) определяется минимальным размером опорной базы крана (см. п. 4.3).

Высота подъёма грузозахватного органа определяется таким образом, чтобы имелась возможность пронести груз на 500мм выше встречающихся препятствий. Глубина опускания грузозахватного органа назначается исходя из потребностей обслуживаемого технологического процесса и оборудования.

Установка нового крана в действующем производстве не должна ограничивать производительность существующих кранов. Для этого скорость передвижения устанавливаемого крана должна быть согласована со скоростями передвижения действующих кранов. Габаритные размеры крана, положение токосъемников по отношению к головке подкранового рельса определяются расположением существующих строительных конструкций и главных троллеев цеха.

Требуемые размеры крана, скорости механизмов, группы режима работы крана и механизмов, технические требования к крану и т.д. вносятся заказчиком в техническое задание на изготовление крана и габаритный чертёж крана, которые рассылаются заводам – изготовителям. Окончательный выбор параметров крана производится заказчиком на основании анализа предложений заводов – изготовителей с учётом изложенных выше положений.

При установке новых кранов в существующих цехах необходима проверка подкрановых конструкций и системы электроснабжения крана с учётом нагрузок от существующих кранов и от устанавливаемого крана. При необходимости перед установкой крана следует должно быть произведено их усиление.

Существующие подкрановые конструкции необходимо проверить с учётом вертикальных и горизонтальных нагрузок от действующих кранов и от устанавливаемого крана в соответствии с действующей на момент установки нормативной документацией и приведенным в настоящем

документе указаниями.. Особое внимание следует уделять подкрановым балкам для кранов группы режима А7, А8. .

Рекомендуется также выполнить дополнительную проверку путей в соответствии с указаниями раздела 9.

При проверочных расчётах подкрановых конструкций необходимо принимать во внимание их фактическое состояние и руководствоваться данными, содержащимися в паспорте кранового пути, чертежами подкрановых конструкций, заключениями экспертизы промышленной безопасности, а также результатами натурных замеров, выполненных специализированной организацией.

Ж.4.Общие правила установки кранов.

Согласно Правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов установка кранов, передвигающихся по надземным рельсовым путям (мостовые краны, настенные краны), должна производиться с соблюдением следующих размеров (рис.Ж. 1):

а) расстояние от верхней точки крана (обычно механизмов, расположенных на тележке или перил ограждений тележки) до потолка здания, нижнего пояса стропильных ферм или предметов, прикреплённых к ним, а также до другого крана, работающего ярусом выше должно быть не менее 100мм.

б) расстояние от настила площадок и галереи опорного крана, за исключением настила концевых балок и тележек, до сплошного перекрытия или подшивки крыши, до нижнего пояса стропильных ферм и предметов, прикреплённых к ним, а также до нижней точки крана, работающего ярусом выше, должно быть не менее 1800мм.

в) расстояние от выступающих частей торцов крана до колонн, стен здания и перил проходных галерей должно быть не менее 60мм. Это расстояние устанавливается при симметричном расположении колёс относительно рельсов.

г) расстояние от нижней точки крана (не считая грузозахватного органа) до пола цеха или площадок, на которых во время работы крана могут находиться люди (за исключением площадок, предназначенных для ремонта крана) должно быть не менее 2000мм.

Расстояние между нижней габаритной точкой кабины крана и полом цеха должно быть не менее 2000мм либо (в обоснованных случаях) от 500 до 1000мм. Низко расположенную кабину (от 500 до 1000мм от уровня пола) имеют, например, мостовые завалочные краны мартеновских цехов. При установке кранов с низко расположенной кабиной необходимо предусмотреть мероприятия по обеспечению безопасности людей в зоне работы этих кранов.

д) расстояние от нижних выступающих частей крана (не считая грузозахватного органа) до расположенного в зоне его действия оборудования должно быть не менее 400 мм. У кранов с электроталью за нижнюю выступающую часть крана следует принимать корпус последней.

е) расстояние от выступающих частей кабины управления или кабины для обслуживания троллеев до стены, оборудования, трубопроводов, выступающих частей здания, колонн, крыш подсобных помещений и других предметов, относительно которых кабина передвигается, должно быть не менее 400мм.

При установке мостовых кранов в два или три яруса должны выполняться те же требования, что и при установке кранов в один ярус. При работе таких кранов обычно выполняется следующие условия: проезд кранов верхнего яруса над кранами, расположенными ниже, производится только без груза и с крюком, поднятым в верхнее рабочее положение.

Ж.5 Посадочные площадки.

На установочном чертеже должен быть показан способ безопасной посадки на кран

Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов предусматривается устройство посадочной площадки со стационарной лестницей для доступа с пола цеха или с земли (если кран установлен на открытой эстакаде) в кабину управления для

мостовых кранов, передвижных консольных кранов, а также грузовых электрических тележек, передвигающихся по надземным рельсовым путям и снабжённых кабиной. Расположение, размеры посадочной площадки, габариты приближения её к кабине управления крана, а также размеры лестниц, их конструкция и расположение регламентированы Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов.

Посадочные площадки должны быть расположены с той стороны, где не проходят главные троллеи. Исключение допускается в том случае, когда троллеи или неизолированные провода, находящиеся под напряжением, недоступны для случайного прикосновения (ограждены). Расстояние от пола посадочной площадки до нижних частей перекрытия должно быть не менее 1800мм.

ПБ 10-380 -00 предусматривается возможность устройства посадочных площадок для непосредственного входа в кабину по двум вариантам. Схема первого варианта посадочной площадки показана на рис. Ж. 3. Вход в кабину с такой посадочной площадки осуществляется с продольной стороны корпуса здания цеха или эстакады (со стороны колонн), а настил её располагается на одном уровне с полом кабины или тамбура (если кабина снабжена тамбуром). Допускается устройство посадочной площадки ниже уровня пола кабины, но не более, чем на 250мм в случаях, если при расположении площадки на одном уровне с полом кабины не может быть выдержан габарит по высоте 1800мм. Зазор (по горизонтали) между посадочной площадкой и порогом двери кабины должен быть выдержан в пределах от 60 до 150мм. Элементы посадочной площадки, расположенные на высоте более 1000мм от её настила, должны отстоять от кабины не менее, чем на 400мм.

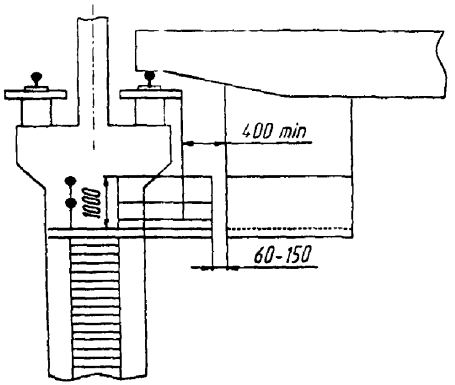


Рис. Ж.3. Схема размещения посадочной площадки (1 вариант).

Посадочные площадки по второму варианту (рис.Ж. 4) устанавливаются в конце подкранового пути с доступом в кабину со стороны торца здания. Для такой площадки допускается наезд на неё кабины, но не более, чем на 400мм при полностью сжатых буферах крана. При этом зазор между настилом площадки и нижней частью кабины (по вертикали) должен быть не менее 100 и не более 250мм. Зазоры по горизонтали между кабиной и ограждением посадочной площадки – не менее 400мм, а со стороны входа в кабину – не менее 700мм. Уменьшение зазоров по горизонтали между кабиной и ограждением посадочной площадки второго типа менее приведенных выше величин может быть причиной несчастного случая, т.к. стоящий у перил ограждения человек может быть прижат кабиной или сбит при наезде кабины на площадку. Для предотвращения падения крановщика в зазор между ограждением и кабиной вход в кабины следует предусматривать со стороны, наиболее удалённой от края площадки.

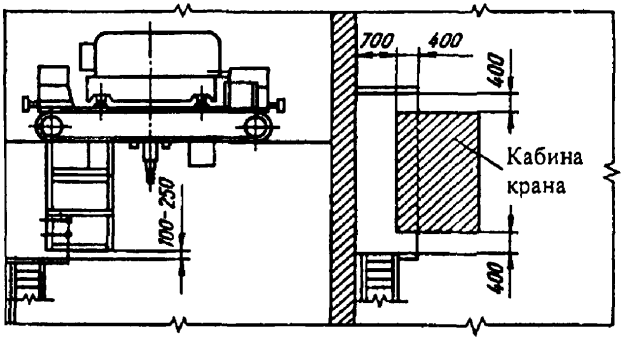


Рис. Ж.4. Схема посадочной площадки (вариант 2).

Устройство посадочных площадок, предусматривающих посадку в кабину через мост крана, допускается только в обоснованных случаях, когда выполнение посадочных площадок для непосредственной посадки в кабину затруднено по конструктивным или производственным причинам (например, при расположении кранов в два или три яруса, крепления кабины к грузовой тележке и т.п.). В этом случае вход на кран должен предусматриваться в специально отведённом месте через дверь в перилах моста, оборудованную электрической блокировкой. Устройство такого входа у магнитных кранов допустимо только в том случае, когда блокировка не обесточивает грузоподъёмный магнит при открывании двери, а троллеи, питающие его, расположены в недоступном для прикосновения месте или ограждены.

Для посадки в кабину через мост также должны устанавливаться посадочные площадки. Допускается предусматривать такую посадку с общей проходной галереи (если она имеет ширину не менее 500мм и со стороны подкранового пути ограждена перилами). В этом случае для каждого крана на галерее рекомендуется отводить определённое место и устраивать переходную лестницу с посадочной площадкой.

Ремонтные загоны.

В пролётах, где на общих рельсовых крановых путях работают два или более кранов, для каждого из них должен быть предусмотрен свой ремонтный загон (место, где кран устанавливается на время ремонта). Ремонтный загон должен быть совмещён с местом устройства площадки для посадки на кран обслуживающего персонала. Ремонтные загоны могут не устраиваться при питании кранов от гибкого кабеля.

Ремонтным участком главных троллеев называется участок этих троллеев в пределах ремонтного загона. Ремонтный участок главных троллеев должен быть электрически изолирован при помощи изолированных стыков (воздушных зазоров) от продолжения тех же троллеев и соединён с ними посредством разъединяющих аппаратов таким образом, чтобы во время нормальной работы этот участок мог быть включен на напряжение, а при остановке крана на ремонт – надёжно отключен.

Если троллеи обслуживают один кран, то ремонтный участок не нужен, так как в этом случае кран ремонтируется при отключённых троллеях. При двух кранах в пролёте предусматривают два ремонтных загона и, соответственно, два ремонтных участка главных троллеев – с торцов. При трёх и более кранах ремонтные загоны с ремонтными участками главных троллеев устанавливают также посередине цеха. Как правило, для каждого крана устраивают отдельный ремонтный загон, что позволяет использовать краны в больших диапазонах по длине цеха. Допускается совмещение ремонтных загонов двух и более кранов, если это не приводит к

недопустимому ограничению технологического процесса во время внепланового ремонта любого крана.

Ремонтные загоны, по возможности, должны быть расположены в местах, наименее загруженных цеховым оборудованием. Ремонтируемый кран не должен мешать работе остальных технологических кранов.

В пределах ремонтных загонов обычно устанавливаются электротали или однобалочные мостовые краны, предназначенные для ремонта основных кранов. В соответствии с ПУЭ длина ремонтного участка главных троллеев, расположенного у торца кранового пролёта, должна быть не менее ширины моста крана плюс 2м, а длина участка, расположенного в середине пролёта, - не менее ширины моста крана плюс 4м.

Если для ремонта крана используется таль, то для ремонта или замены элементов механизмов, ходовых колёс, буферов кран поочерёдно ставят под талью. Крайние положения моста крана соответствуют замене (ремонту) буферов и ходовых колёс. В случае использования ремонтной талью, длина ремонтного участка определяется в зависимости от крайних положений моста крана при ремонте:

- на ремонтном участке у торца кранового пролёта должно оставаться не менее 2м от изолированного стыка до крайней точки крана, занимающего во время ремонта положение, наиболее удалённое от торца;

- на ремонтном участке посередине пролёта – должно быть не менее 2м от изолированных стыков до крайней точки крана при всех возможных положениях его во время ремонта

Примеры определения длины ремонтного участка главных троллеев приведены на рис. Ж 5а, б. На рис. Ж.5,а показана длина ремонтного участка в случае, если крайние положения моста крана соответствуют ремонту или замене буферов, (пружинных или гидравлических). На рис. Ж.5,б показана длина ремонтного участка в случае, если крайние положения моста крана или замене ходовых колёс (обслуживание буферов, имеющих небольшую массу, например, резиновых, производится без использования ремонтной тали)

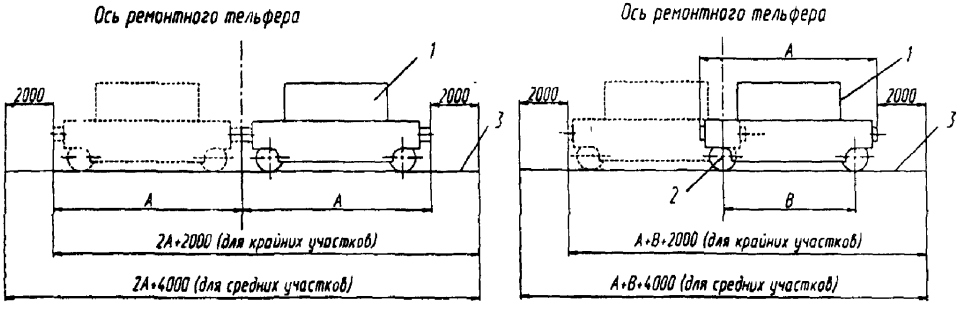


Рис. Ж.5. Определение длины ремонтного участка крановых троллеев.
1 – кран; 2 – ходовое колесо; 3 – ремонтный участок крановых троллеев
(*A* – габарит крана по ширине; *B* – база крана).

Для ремонта тяжёлых металлургических кранов (литейных, завалочных, клещевых и т.д.) часто применяются ремонтные подвесные мостовые краны. Площадь, обслуживаемая этим краном, определяется диапазоном перемещения тали этого крана и собственно диапазоном перемещения крана. Подкрановые пути ремонтного крана, как правило, направлены поперёк подкрановых путей обслуживаемого крана. Если диапазон перемещения тали подвесного крана больше или равен ширине обслуживаемого крана, установка ремонтного крана позволяет избежать перемещений крана для ремонта его узлов и механизмов. Если диапазон перемещения тали подвесного крана меньше ширины обслуживаемого крана, установка ремонтного крана позволяет ограничить перемещения крана по сравнению с ремонтным загоном, оснащённым только ремонтной талью. Благодаря этому уменьшается длина ремонтного участка главных троллеев и ограничивается участок подкрановых путей, недоступный для соседних кранов при ремонте данного крана. При установке ремонтного крана расположение изолированных стыков главных троллеев назначается так, чтобы при всех возможных положениях крана во время ремонтов оставалось не менее 2м от изолированных стыков до крайней точки крана.

При установке ремонтной тали или подвесного крана необходимо предусмотреть площадки для их осмотра и ремонта, а также галерею по всей длине рабочей зоны тали или кран-балки для прохода оператора с подвесным пультом управления. Крайние положения тали и подвесного крана определяют с расчётом, чтобы было возможно обслуживание ходовых колёс основного крана при вертикальном положении канатов и исключался подъём груза при наклонном положении канатов. Для этого необходимо, чтобы ремонтные устройства в крайнем положении располагались между колоннами цеха (над тормозным настилом подкрановых балок).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Рекомендации по проверке несущей способности элементов и соединений стальных конструкций.

3.1 Проверка устойчивости пластинок

Общие положения.

Приведенные ниже рекомендации касаются проверки устойчивости пластинок (стенок и поясов балок) против выпучивания от сил, действующих в их серединной плоскости.

Основные условия устойчивости:

$$\sigma/\sigma_{кр} \le \gamma_c, \quad (3.1)$$

$$\tau/\tau_{кр} \le \gamma_c, \quad (3.2)$$

где $\sigma_{кр}$, $\tau_{кр}$ – соответственно критические нормальные и касательные напряжения;

σ, τ – расчетные нормальные сжимающие и касательные напряжения.

Сжимающее напряжение определяют по формуле:

$$\sigma = M/cpIx \cdot y \quad (3.3)$$

Касательное напряжение определяют по формуле:

$$\tau = Qcp/(t\ hef), \quad (3.4)$$

где $M_{ср}$ и $Q_{ср}$ – средние значения соответственно момента и поперечной силы в пределах отсека; если длина отсека a больше его расчетной высоты h_{ef} (в соответствии с рисунком 3.1), то $M_{ср}$ и $Q_{ср}$ следует вычислять для более напряженного участка с длиной, равной высоте пластинки.

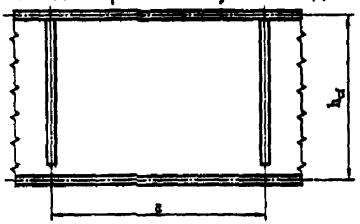


Рисунок 3.1-Схема к расчету устойчивости стенки балки

Проверка на действие нормальных напряжений

Величину нормального критического напряжения определяют по формуле:

$$\sigma кр = \sigma окр \cdot K\sigma \quad (3.5)$$

$$\sigma окр = 1{,}86\ (t/hef)2 \cdot 105\ МПа \quad (3.6)$$

где K_σ – коэффициент, зависящий от характера распределения напряжений по кромкам пластинки и отношения α длины пластинки a к ее высоте h_{ef}.

Распределение напряжений отображается коэффициентом $\psi = \sigma_2/\sigma_1$ (рисунок 3.2).

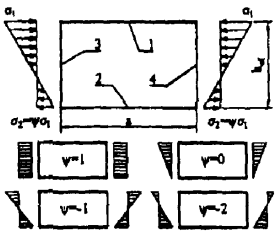


Рисунок 3.2-Схема распределения нормальных напряжений по кромкам пластинки

Примечания.

1) Длина отсека a – расстояние между двумя большими диафрагмами, или между двумя поперечными ребрами, выполненными в соответствии с приведеиными в таблице 3.2 рекомендациями.

2) Расчетная высота отсека h_{ef} - расстояние между осевыми линиями поясов балки, или продольных ребер жесткости, выполненных в соответствии с формулами 3.9 и 3.10.

3) Приведенные здесь рекомендации не относятся к балкам, испытывающим сосредоточенную местную нагрузку, например от ходовых колес грузовой тележки, при расположении подтележечных направляющих над стенками пролетных балок.

Для практических целей (пояса и стенки коробчатых балок) обычно принимают, что все кромки (1-4) пластинки шарнирно опираются на жесткий контур. Соответствующие значения $K\sigma$ определятся с помощью графиков (рисунок 3.3).

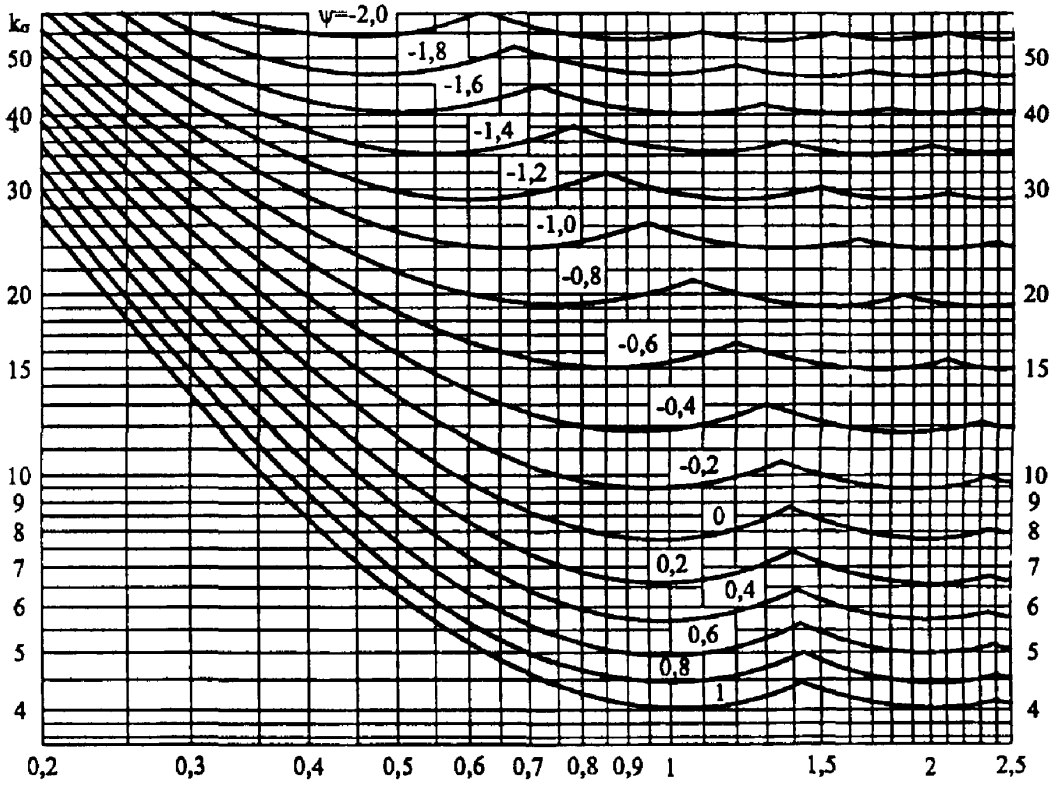


Рисунок 3.3 Графики для определения коэффициента $K\sigma$

Проверка на действие касательных напряжений

Для пластинок, нагруженных равномерно распределенными по их контуру касательными напряжениями критическое напряжение:

$$\tau kp = K\tau \cdot \sigma kp \qquad (3.7)$$

Значения $K\tau$ приведены на рисунке 3.4.

Для других условий опирания пластинок (например, при заделки их на жестком контуре) значения K_σ и K_τ существенно увеличиваются. Соответствующие значения этих коэффициентов – см. [51,104].

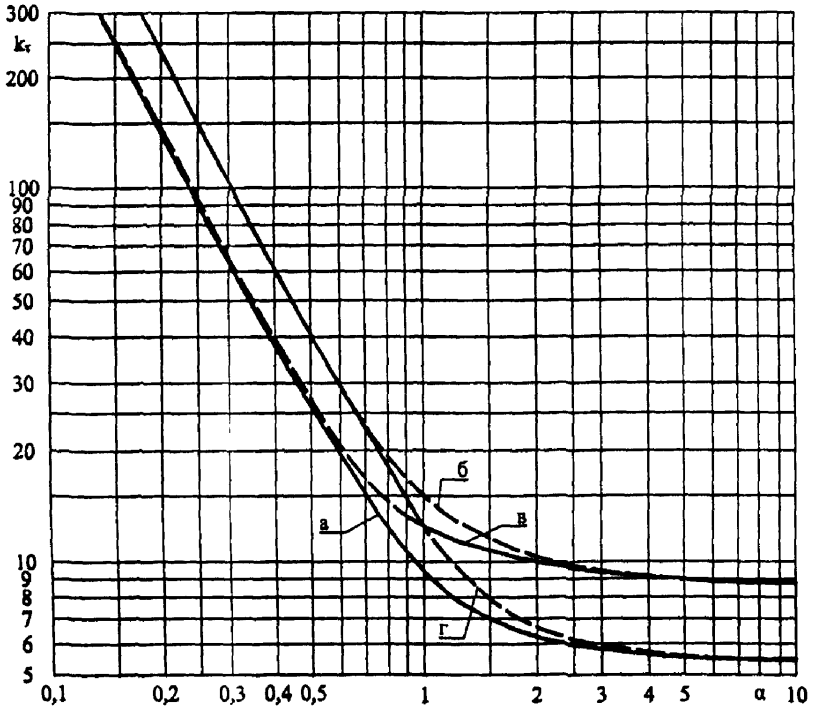


Рисунок 3.4 Графики для определения значений K_τ

Проверку устойчивости пластинок, испытывающих одновременно нормальные напряжения σ и касательные напряжения τ, выполняют по формуле:

$$[(\sigma/\sigma_{кр})2 + (\tau/\tau_{кр})2]0,5 \leq \gamma_c \qquad (3.8)$$

Проверку устойчивости пластинок с контуром, отличающимся от прямоугольного, допускается выполнять, исходя из средних значений a и h_{ef} для рассматриваемых панелей.

Для стенок пролетных балок при отсутствии горизонтальных (продольных) ребер жесткости должно быть обеспечено соотношение:

$$\frac{h_{ef}}{t} \leq \frac{8350}{\sqrt{R_y}} \qquad (3.9)$$

При наличии продольных ребер жесткости должно быть выдержано соотношение:

$$\frac{h_{ef}}{t} \leq \frac{1700}{\sqrt{R_y}} \qquad (3.10)$$

При этом продольные ребра должны быть установлены на расстоянии $h_1 \approx h/5$ от нижней поверхности сжатого пояса; момент инерции ребра определяют по формуле:

$$J_p, см^4 = \left(2,5 - 0,5\frac{a}{h_{ef}}\right)a^2\frac{t^3}{h_{ef}} \qquad (3.11)$$

Момент инерции сечения поперечного (вертикального) ребра жесткости определяется по формуле:

$$Is, см^4 \geq 3 \cdot hef \cdot t^3 \qquad (3.12)$$

Примечание - При двухсторонних ребрах моменты инерции I_x; I_n определяют относительно серединной плоскости пластинки. При односторонних ребрах – относительно плоскости, совпадающей с поверхностью пластины

У поясов пролетных балок должно быть обеспечено соотношение:

$$\frac{b}{t_n} \le \frac{900}{R_y} \qquad (3.13)$$

При больших соотношениях b/t_n пояс следует укреплять продольным ребром (ребрами), размеры их должны определяться в соответствии с указаниями [51,104].

Приведенные выше рекомендации действительны в тех случаях, когда начальный прогиб δ_0 пластинки не превосходит 40% от ее толщины t. При $\delta_0 > 0{,}4\ t$, значения $\sigma_{кр}$; $\tau_{кр}$ рекомендуется рассчитывать методами теории упругости.

Для ориентировочных расчетов допускается использовать зависимости для K_σ, заменяя значения γ_c значением $K_{пг} \cdot \gamma_c$, где величину корректирующего коэффициента $K_{пг}$ принимают по таблице 3.1.

Таблица 3.1-Корректирующий коэффициент прогиба пластинки $K_{пг}$

δ_0/t	0,4	0,7	1,0	1,3	1,6
$K_{пг}$	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4

3.2 Расчет элементов стальных конструкций на сопротивление усталости

Расчет на сопротивление усталости производят по формуле, базирующейся на методике [29]:

$$\sigma_{max} \le \alpha_v \cdot R_v \cdot \gamma_v \cdot \gamma_c, \qquad (3.14)$$

где σ_{max} – наибольшее нормальное напряжение в расчетном сечении элемента;

α_v – коэффициент группы режима работы элемента, определяется по таблице 3.2.

R_v – расчетное сопротивление усталости, определяемое с учетом временного сопротивления стали, и категории соединений и элементов, учитывающих степень концентрации напряжений в соответствии с таблицей К.3.

γ_v – коэффициент, учитывающий вид напряженного состояния и асимметрию действующих напряжений (таблица 3.4).

γ_c – коэффициент условий работы.

Примечания:

1. Произведение $\alpha_v \cdot R_v \cdot \gamma_v \cdot \gamma_c$ не должно превышать R_u/γ_m.Значения коэффициента режима α_v определяют по таблице 3.2 в зависимости от группы режима работы элемента и категории его по степени концентрации напряжений.

2. Концентрация напряжений в элементах при определении величины σ_{max} учету не подлежит

Таблица 3.2-Значения коэффициента режима α_v

Категория элемента по концентрации напряжений	Группа режима работы элемента					
	Е3	Е4	Е5	Е6	Е7	Е8
1…2	1,60	1,60	1,50	1,25	1,00	0.90
3…8	2,00	2,00	1,80	1,50	1,20	1.00

Значения расчетных сопротивлений усталости принимают в соответствии с таблицей 3.3

Таблица 3.3-Значения расчетного сопротивления усталости *МПа*

Категории элементов по концентрации напряжений	Временное сопротивление стали разрыву				
	До 420	св.420 до 440	Св. 440 до 520	Св. 520 До 580	св.580
1	120	128	132	136	145
2	100	106	108	110	116
3	Для всех марок сталей				
4	90				
	76				
5	60				
6	45				
7	36				
8	27				

Значения γ_v определяют по таблице 3.4 в зависимости от вида напряженного состояния и коэффициента асимметрии напряжений $\rho = \sigma_{min}/\sigma_{max}$; здесь σ_{max}; σ_{min} соответственно наибольшее и наименьшее по абсолютному значению напряжения в рассчитываемом сечении, вычисленные по сечению нетто. При равнозначных напряжениях коэффициент асимметрии напряжений ρ следует принимать со знаком «минус».

Таблица 3.4-Формулы для вычисления коэффициента γ_v

Деформация	Пределы изменения коэффициента	Величина коэффициента
Растяжение	$-1 \le \rho \le 0$	$\frac{2,5}{1,5-\rho}$
	$0 < \rho < 0,8$	$\frac{2,0}{1,2-\rho}$
	$0,8 < \rho < 1$	$\frac{1,0}{1-\rho}$
Сжатие	$-1 \le \rho < 1$	2

Группы элементов по концентрации напряжений в элементах из профильной и листовой стали приведены в таблицы К.5.

Таблица 3.5-Группы элементов по степени концентрации напряжений в основном металле (в местах перехода к сварным швам)

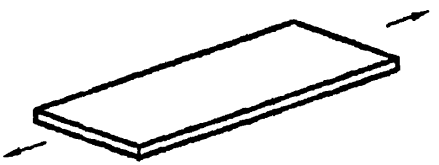
Схема элемента и расположение расчетного сечения а–а	Особенности выполнения и нагружения элемента	Обозначение группы
	Элемент с прокатными, механически обработанными или обрезанными плазменной резкой кромками;	1
	с кромками, обрезанными механизированной газовой резкой;	2
	с кромками, обрезанными ручной газовой резкой	3

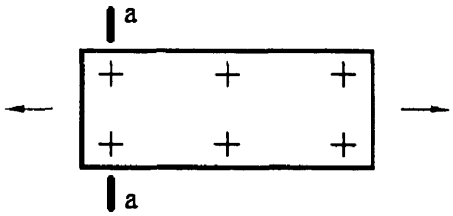
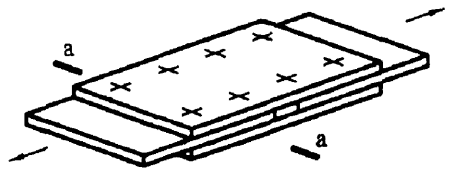
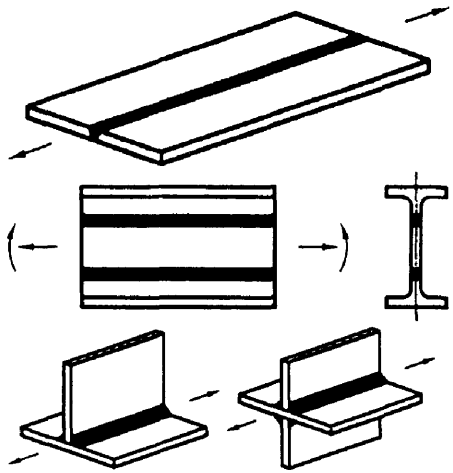
Схема элемента и расположение расчетного сечения а–а	Особенности выполнения и нагружения элемента	Обозначение группы
	Элемент с отверстиями для болтов или с болтами, слабо нагруженными на смятие и срез (20% допускаемой нагрузки), фрикционные болтовые соединения	2
	Элементы с отверстиями под болты или заклепки, нагруженными на смятие и срез	3
	Соединение элементов сварными швами, параллельными направлению усилия и со швами, испытывающими сдвигающие усилия (поясные швы балок)	4

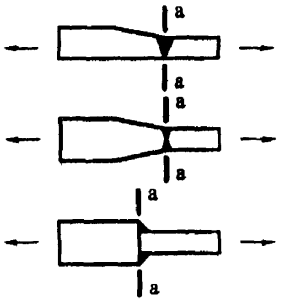
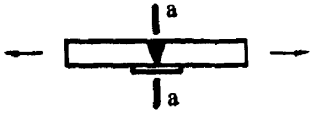
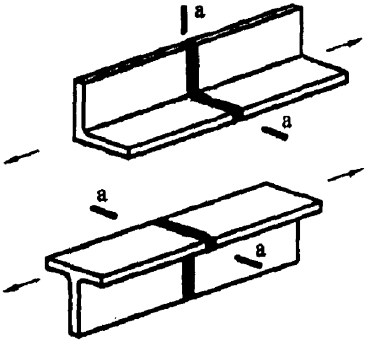
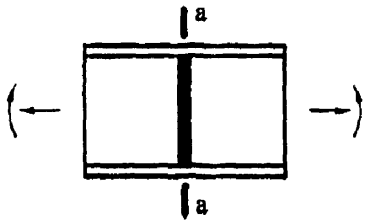
Схема элемента и расположение расчетного сечения а–а	Особенности выполнения и нагружения элемента	Обозначение группы
	Элементы неодинаковой толщины, несимметричный скос 1/5; симметричный – 1/3, поверхность шва механически обработана заподлицо с основным металлом	1
	Механическая обработка отсутствует	3
	То же, несимметричный скос 1/3, симметричный – ½	5
	То же, несимметричный скос 1/2, при симметричном расположении скос отсутствует	6
	Элементы одинаковой толщины и ширины, сваренные в стык на прикрепленной на прихватке подкладке без подварки корня	6 То же, при полной проварки совместно с подкладкой 5
	Соединения встык прокатных профилей, сварной шов перпендикулярен усилию	4
	Сваренная в стык стенка сварной балки, нагруженная продольным усилием или моментом	4

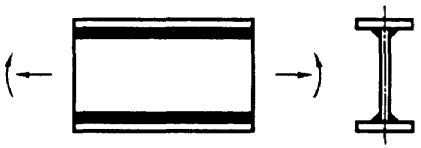
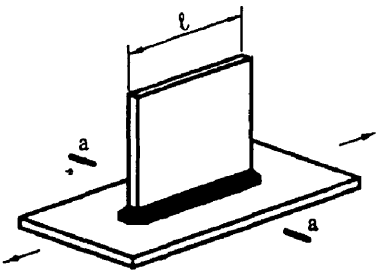
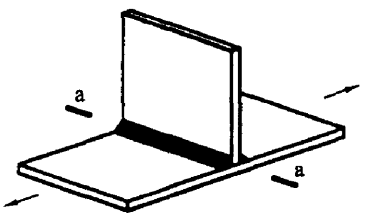
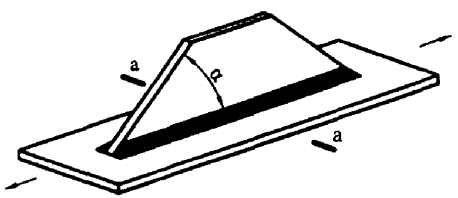
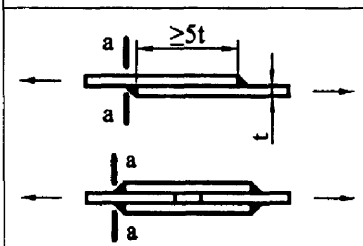
Схема элемента и расположение расчетного сечения а–а	Особенности выполнения и нагружения элемента	Обозначение группы
	Поясные швы балок с угловыми сварными соединениями	4
	Элемент с продольным приварным ребром или планкой, приваренной угловым швом: $l \le 100$ $l > 100$	 6 7
	Основной металл с поперечным швом: Сварной шов двухсторонний с плавным переходом к основному металлу; Сварной шов односторонний	 4 5
	Элемент с приваренным ребром, со скосами под углом $\alpha \cong 45^{\circ}$	4
	Соединенные поперечными (лобовыми) швами элементы	6

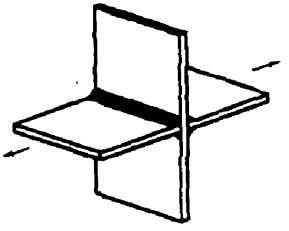
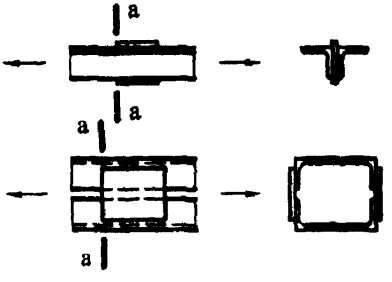
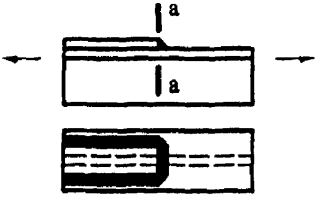
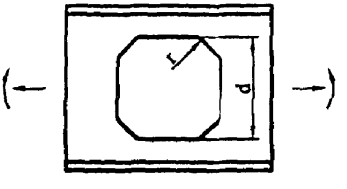
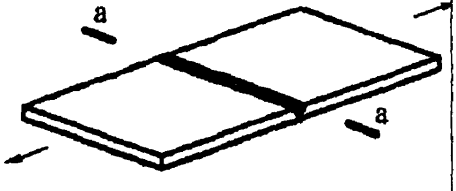
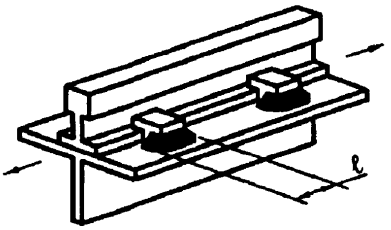
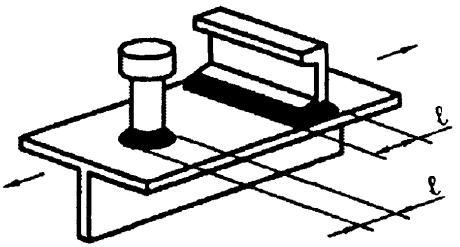
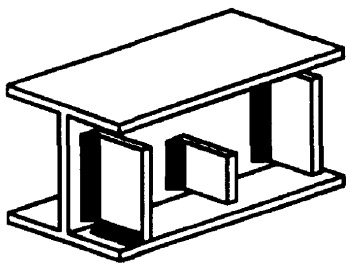
Схема элемента и расположение расчетного сечения а–а	Особенности выполнения и нагружения элемента	Обозначение группы
	Соединение с промежуточным элементом, приварка угловым швом	8
	Стержни, связанные приваренными в стык или внахлестку соединительными планками	7
	Обрыв усиливающего поясного листа: без механической обработки поперечного (лобового) шва С механической обработкой шва и плавным переходом (1:5)	7 4
	Внутренние углы отверстий в балках, скругленные радиусом r: r/d = 0,06 r/d = 0,12 r/d = 0,25	 8 5 3
	Элементы, соединенные стыковым швом, нагрузка перпендикулярна сварному шву: Элементы одинаковой ширины и толщины, поверхность шва механически обработана заподлицо с основным металлом Механическая обработка шва отсутствует	 1 4

Схема элемента и расположение расчетного сечения а–а	Особенности выполнения и нагружения элемента	Обозначение группы
	l < 50мм	5
	l< 50мм	5
		4

В случае выполнения сварных соединений с их дополнительной обработкой (механическая, термомеханическая и др., см. п. 4.1 настоящего «Руководства»), категорию концентрации допускается уменьшать на один шаг. Для выполняемых на монтаже соединений рекомендуется группу концентрации повышать на один шаг.

3.3 Проверка подтележечных рельсов

Для проверки подтележечных рельсов используют зависимость:

$$\frac{Pl}{KW_x} \le [\sigma] \qquad (3.15)$$

где: P – наибольшая вертикальная нагрузка на ходовое колесо тележки, без учета коэффициента перегрузки и динамических нагрузок;

l – расстояние между поперечными диафрагмами, ребрами, балки;

W_x- наименьший момент инерции сечения рельса относительно горизонтальной оси:

$K = 6,0$ для рельса со скрепленными стыками (сварка, накладки) и $K = 5,0$ – с нескрепленными стыками.

$[\sigma] = 145$ *МПа* – допускаемое напряжение.

3.4 Проверка кромок диафрагм и поперечных ребер

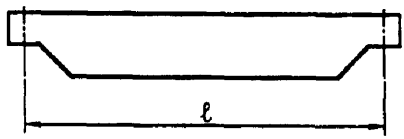
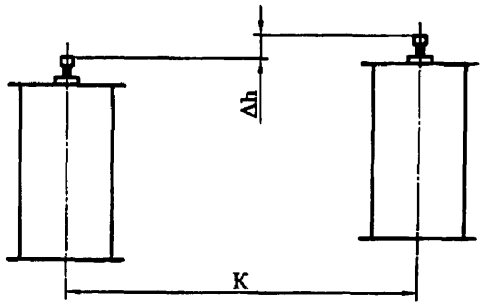
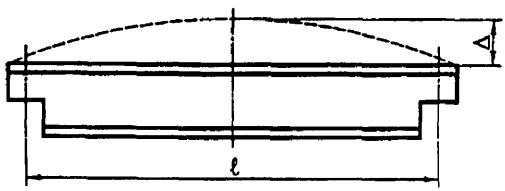
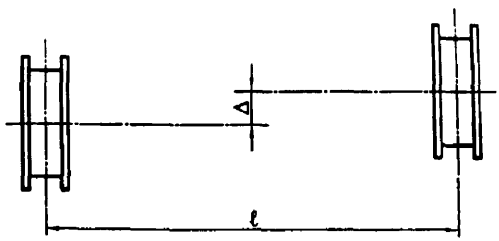
Верхние кромки диафрагм и поперечных ребер пролетных балок подлежат проверке на смятие на восприятие нагрузок, передающихся от подошвы подтележечного рельса. При этом в расчет вводятся ширина подошвы рельса и толщина диафрагмы, ребра, с накладками. Проверка производится на наибольшую вертикальную нагрузку, передающуюся от ходового колеса (с учетом коэффициентов перегрузки, и динамических нагрузок).

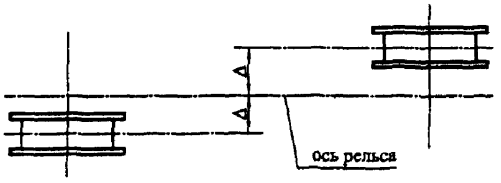
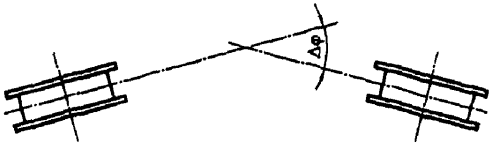
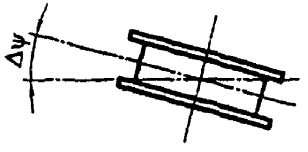
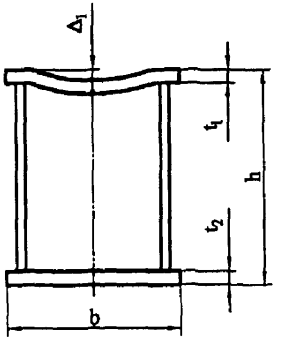
Расчетное сопротивление материала на смятие – в соответствии с таблицей 4.4, раздел 4 настоящего документа. При расчете значение коэффициента условий работы принимают γ_c=0,70.

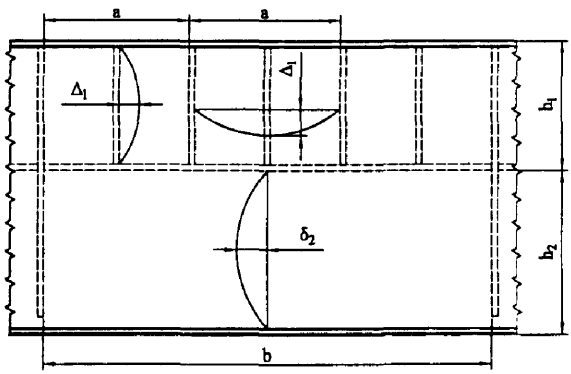
3.5 Расчет болтовых соединений.

Расчет болтовых соединений обычно выполняют по нормам [28,31]. В ответственных случаях, например, при проверке болтов тяжело нагруженных фланцев, расчет производят с учетом податливости элементов соединения, трения в резьбе и на торце гайки и других факторов [65]. Рекомендации по значениям коэффициентов трения, учитывающие вид смазки болта, а также особенности покрытия резьбы – см. [74].

ПРИЛОЖЕНИЕ И. Предельно допускаемые отклонения элементов конструкции (не нагруженных)

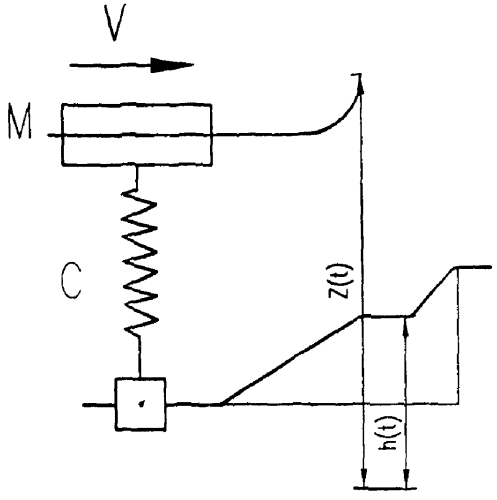
Наименование отклонений	Схема	Величина
Отклонение номинального пролета l		l ≤ 22,5м Δl = ±3мм l > 22,5м Δl = ±5мм
Отклонения в расположении подтележечных рельсов		ΔK = ± 3 мм Δh = 0,002K, но не более 8 мм
Отклонение верхнего пояса пролетной балки моста по ее длине от его проектного положения		Δ = ± l/2500, но не более ±3мм
Отклонения в уровнях расточек осей противоположных ходовых колес тележки или крана, а также осей балансиров		Δ = ± l/7000, но не более ±3мм

Наименование отклонений	Схема	Величина
Смещение диаметральных плоскостей ходовых колес от оси рельса		Δ = 2 мм
Отклонение от параллельности ходовых колес: *для любых колес крана или тележки, а также для любых колесных балансиров* в пределах каждого балансира ходовой части		$\Delta\varphi = \pm 0{,}001$ $\Delta\varphi = \pm 0{,}0005$
Отклонение ходовых колес крана или тележки от вертикали (при отсутствии груза)		$\Delta\varphi = \pm 0{,}002$
Отклонения от плоскостности (вогнутость или выпуклость) в коробчатых балках для сжатого пояса Δ_1 на участке между соседними ребрами, растянутого пояса Δ_2 на длине, равной высоте балки h		$\Delta_1 = \pm\frac{B}{10t_1}$, но не более $1{,}6t_1$ $\Delta_2 = \pm\frac{B}{8t_1}$, но не более $2{,}0t_2$

Наименование отклонений	Схема	Величина
Отклонение от плоскостности (вогнутость или выпуклость) вертикальных стенок толщиной t коробчатых пролетных балок на участках между соседними ребрами (для сжатой зоны – короткими – а, растянутой – в)		При $h_1/t = 60$ $\Delta_1 = 1{,}6t$; $h_1/t > 60$; $\Delta_1 = 2{,}0t$ $\delta_2 = 3{,}0t$
Скручивание коробчатых балок моста измеренное по крайним большим диафрагмам		$\Delta = 1/1500\ l$. где l – пролет крана

ПРИЛОЖЕНИЕ К. Определение динамических нагрузок, возникающих при проходе колес крана по стыкам рельсового пути

Для определения динамических нагрузок допускается использовать упрощенную динамическую модель, показанную на рисунке К.1.



M– суммарная приведенная масса крана и груза; V– скорость передвижения крана, м/с;
C – жесткость крана и подвеса груза; Z(t) – координата центра тяжести; h(t) неровность, вызванная отклонениями торцов рельса или зазором между торцами рельсов.

Рисунок К.1- Схема динамической модели

Величина динамического коэффициента, отнесенного к массе M, определяется по формулам К.1 и К.2.

Для случая прохода через стык с разновысокими торцами рельсов:

$$\psi_s = 1+2{,}47\, v^2 \xi_s/gs \qquad (К.1)$$

Для случая прохода через стык с зазором:

$$\psi g = 1 + 2{,}47\, v^2 \xi\, g/gr, \qquad (К.2)$$

где $g = 9{,}81 м/с^2$ – ускорение силы тяжести;

r – радиус колеса, м;

ξ_s; ξ_g - коэффициенты, определяемые по графикам в соответствии рисунком К.2, а) и б), в зависимости от параметров a_s; a_g.

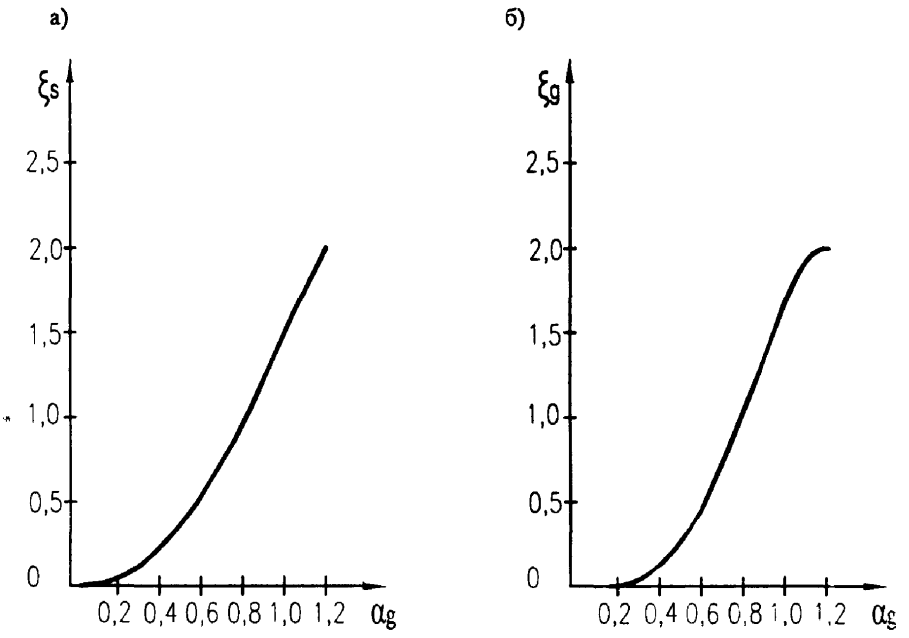
При этом: $a_s = 2f_q h_s x\, (2r/h_s v^2)^{0,5}$ (в соответствии с рисунком М.2, а));

$a_g = f_q e_g/v$ (в соответствии с рисунком М.2, б));

h_s – величина уступа (в соответствии с рисункомК.3, а));

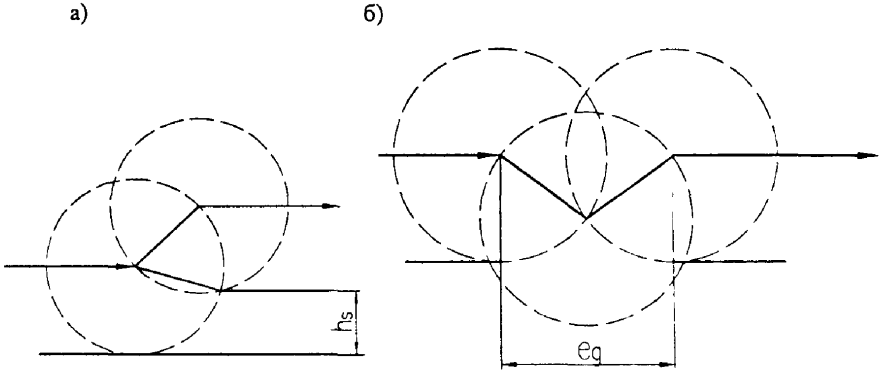
e_g – размеры проема (в соответствии с рисунком К.3, б));

$f_q = (c/m)^{0,5} : 2\pi$ - частота собственных колебаний для одномассовой модели (рисунок К.1) В том случае, если величина f_q неизвестна, допускается принимать ее равной 10 Гц.



а) уступ ; б) проем.

Рисунок К.2-Проход колеса через неровности



а) при различии уровней торцов рельсов h_s ; б) при зазоре в стыке e_g.

Рисунок К.3-Схема прохода колеса через стык.

ПРИЛОЖЕНИЕ Л. Определение замедлений, возникающих при взаимодействии движущегося крана (или грузовой тележки) с буферами и указания по расчету буферов.

Буфера должны быть рассчитаны на поглощение кинетической энергии A движущегося крана (включая кинетическую энергию вращающихся масс механизма передвижения крана).

$$A = \frac{kV^2}{i \cdot 2} \sum M \qquad (Л.1)$$

где V – скорость движения крана (тележки) в момент начала взаимодействия буферов;

$i = 2$ – число буферов

k = 1,02…1,08 – коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс механизма передвижения крана;

ΣM – суммарная масса крана без учета подвешенных на канатах груза и элементов крана.

Расчетная величина энергоемкости буфера A может быть найдена, как:

$$A = \int_{x=0}^{x=e} P dx \qquad (Л.2)$$

где P – реакция упругого элемента буфера;

x - ход (осадка) упругого элемента буфера;

e – полная осадка упругого элемента.

Для буферов с цилиндрическими пружинами принимают:

$$P = P_0 + Cx, \qquad (Л.3)$$

где P_0 – усилие предварительного поджатия пружины (комплекта пружин при сдвоенной их установке);

C – жесткость пружины (пружин).

$$e = \sqrt{\left(\frac{2P_0}{C}\right)^2 + 2\frac{A}{C}} - \frac{2P_0}{C}; \qquad (Л.4)$$

По значению e может быть найдена и величина реакции, действующей на буфер (рабочего усилия, нагрузки) P.

Энергоемкость буферов типа БР с монолитным резиновым элементом в зависимости от их размеров варьируется от 0,02 до 15,55 кНм, а максимальное рабочее усилие – от 3,28 до 250 кН [40,94].

Наиболее энергоемкими являются гидравлические буферы, для которых можно принять

$$P = 0{,}9K \qquad (Л.5)$$

где K – постоянное усилие, на которое рассчитан буфер. Максимальное расчетное замедление любой из точек крана:

$$a = P/\Sigma M, \qquad (Л.6)$$

Динамическая нагрузка, действующая на элемент конструкции массой М определяется по формуле:

$$P_{дин} = a \cdot M \cdot k_б, \qquad (Л.7)$$

где $k_б$ – динамический коэффициент, назначаемый в зависимости от вида характеристики упругого элемента буфера.

При $P = C_x$, $k_б = 1{,}25$; при $P = const$; $k_б = 1{,}60$.

При характеристиках буферов других видов значения динамического коэффициента $k_б$ определяются интерполяцией в зависимости от коэффициента ξ (рис. Л.1 а, б):

$$\xi = \frac{1}{P_{max} \cdot e} \cdot \int_{x=0}^{x=e} P \cdot dx \qquad (Л.8)$$

При $P = Cx$: $\xi=0,5$; $k_б=1,25$. При $P = const$: $\xi=1$; $k_б=1,6$.

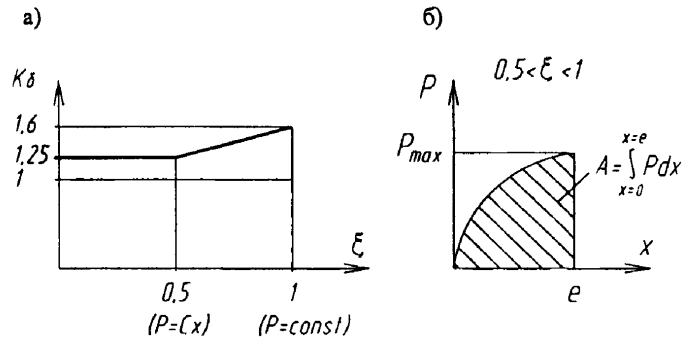


Рис. Л.1. Схема к определению динамического коэффициента $k_б$.

Для предотвращения превышения замедлением величины 2,5м/с^2 следует, в случае необходимости, предусматривать мероприятия по снижению величины скорости v – установку перед упорами, в дополнение к штатным концевым выключателям, путевых выключателей, воздействующих на аппараты управления приводом механизма передвижения, применение систем электронной дистанционной защиты от столкновений работающих на общих путях кранов, и т.д.

При отсутствии дополнительных требований, расчеты производят без учета нагрузок от ветра и моментов, создаваемых работающими приводами механизмов передвижения.

ПРИЛОЖЕНИЕ М Основная техническая характеристика шарнирных валов по стандарту ФРГ DIN 15451

Валы по DIN 15451 предназначены преимущественно для механизмов передвижения металлургических мостовых кранов.

В комплект каждого крана входят два фланца с центрирующими заточками и шаровыми шарнирами, с которыми сопрягаются вилки. К одной из вилок жестко прикреплен (приварен) вал; ко второй – шлицевая втулка для хвостовика жесткого вала.

На фланцах предусмотрены отверстия для подсоединения к посаженным на выходной вал редуктора и вал ходового колеса ступицы (рисунки М.1, М.2, М.3).

Допускаемые угол перекоса оси центрального вала и осей фланцев – в пределах 2...6°. При условии снижения передаваемого валом момента этот угол может быть увеличен до 15°.

Основные данные шарнирных валов приведены в таблице М.1.

Таблица М.1-Основные данные шарнирных валов в соответствии с рисунком М.1.

Диаметр фланца d, мм	Рекомендуемые длины валов, l_1, мм	Компенсационный ход, l_2, мм	Размер фланца, l_3, мм	Наибольший передаваемый момент, кНм	Минимально допустимая длина, мм
150	800 – 1000	80	72	6	585
180	800 – 1250	100	85	10	710
225	800 – 1250	75	90	14	790
250	1000 – 1400	90	125	18	960
285	1250 – 1600	100	130	28	1030
315	1250 – 2500	120	150	40	1220
350	1400 – 2500	135	170	60	1360
390	1600 – 2500	150	190	88	1490
435	2000 – 2500	170	210	120	1620

Установочная длина вала $l_{уст} = l_1 + 1/3\ l_2$

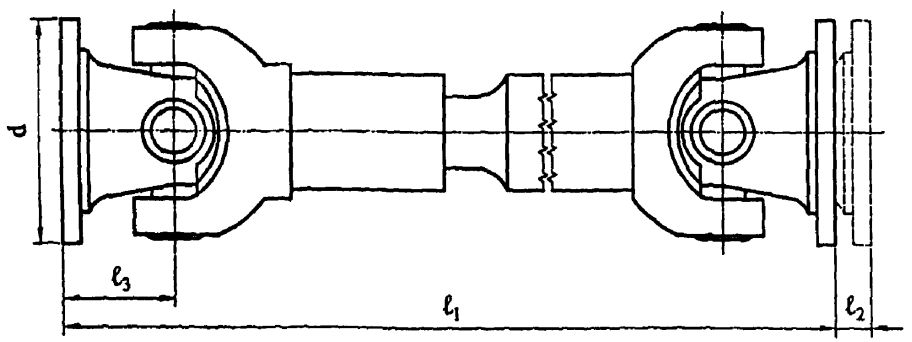


Рисунок М.1-Схема шарнирного вала

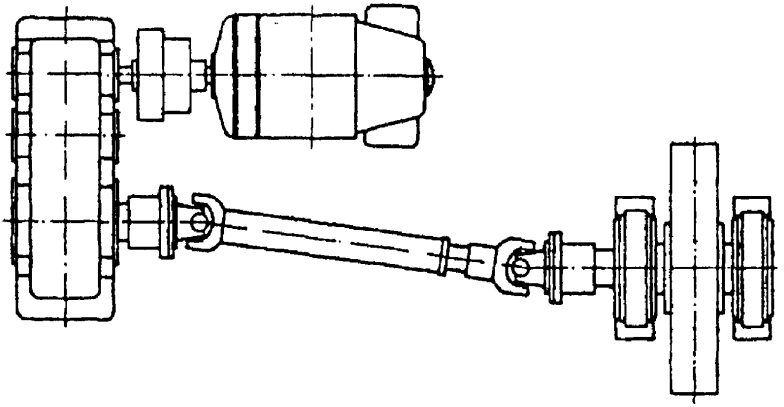


Рисунок М.2-Установка шарнирного вала для привода одного колеса

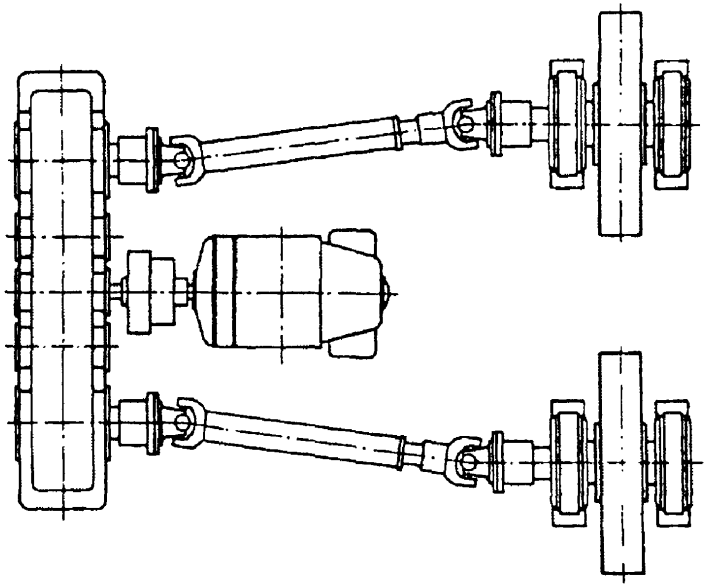


Рисунок М.3-Установка шарнирного вала для привода двух колес

ПРИЛОЖЕНИЕ Н. Нагрузки для расчета действующих напряжений и допускаемые напряжения в элементах механизмов (упрощенная методика)

Н.1 Расчетные нагрузки

Н.1.1 При расчете механизмов учитывают нагрузки, возникающие при работе крана.

При этом подлежат учету следующие расчетные случаи:

А – нормальные нагрузки;

Б – предельные воздействия и нагрузки.

Нагрузки и воздействия, которые могут возникать в нерабочем состоянии крана, учитывают в случае, предусмотренном техническим заданием на кран.

Н.1.2 Нагрузки случая «А» учитывают при проверке элементов механизмов по критериям статической прочности материала и сопротивления усталости. Нагрузки случая «Б» учитывают при проверке элементов по критерию статической прочности материала.

Н.1.3 Вводимые в расчет сочетания нагрузок назначают, исходя из особенностей технологического использования крана и ожидаемой повторяемости действия нагрузок отдельных уровней (характера спектрального распределения нагрузок).

Н.1.4 При определении нагрузок «А» принимают, что кран исправен и эксплуатируется в полном соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации.

Подлежат учету нагрузки от собственного веса конструкции и размещенного на ней оборудования, полезного груза, динамические нагрузки, возникающие при работе механизмов крана, технологические нагрузки, силы сопротивления передвижению, горизонтальные составляющие весовых нагрузок от уклона путей, осевые нагрузки на ходовые колеса, нагрузки от воздействия ветра, тепловые (термические) воздействия.

Н.1.5 Нагрузки случая «Б» - предельные, которые могут возникнуть при работе крана с полным грузом, и наиболее неблагоприятных условиях, которые могут возникать при отсутствии существенных нарушений в эксплуатации (действие предельного ветра рабочего состояния, резкое торможение с проскальзыванием колес, буферный удар, отклонения в укладке крановых путей и т.п.).

Н.2. Допускаемые напряжения

Допускаемое напряжение при проверке несущей способности по критериям статической прочности материала:

$$[\sigma] = \sigma^{0}/k_{м} \qquad (Н.1)$$

где σ^{0} - опасное напряжение материала для данного вида нагружения;

$k_{м} = k_1 k_2$ – запас прочности,

k_1 – коэффициент безопасности, (таблица Н.1),

k_2 – коэффициент режима (таблица Н.2).

Таблица Н.1-Примерные значения коэффициентов k_1 безопасности

Наименование Механизма	Область применения	Расчетные случаи	
		А	Б
Механизм подъема	Крюковые краны	1,3	1,2
	Магнитные краны	1,4	1,3
	Грейферные краны	1,2	1,1
	Краны, транспортирующие расплавленный и раскаленный металл	1,5	1,3
Механизмы передвижения кранов и тележек	Все краны	1,2	1,1

Таблица Н.2-Значения коэффициентов K_2 режима

Группа режима	K_2
М4 ; М5	1,2
М6	1,3
М7	1,4
М8	1,6

Для проверки по критерию статической прочности материала принимают K_2= 1,0.

Н.3 Проверка по критерию сопротивления усталости.

Эта проверка (расчетный случай «А») может проводиться в соответствии с указаниями [86].

ПРИЛОЖЕНИЕ О. Расчеты зубчатых передач

О.1 Для предварительных, упрощенных, расчетов могут быть использованы приведенные ниже рекомендации (См. также [78,100]).

О.2 Зубья передач проверяют на изгиб и на смятие поверхностного слоя (износ).

О.2.1 Проверка на изгиб

Напряжение изгиба

$$\sigma_и = 0{,}02\frac{M_к}{zm^2B\gamma}\frac{c\cos\beta}{\gamma 0{,}9\varepsilon_z}, \text{ МПа} \qquad (О.1)$$

где $M_к$ –крутящий момент, передаваемый колесом; Нсм

y – коэффициент формы зуба, приведен в таблице О.1;

m – модуль зацепления, нормальный, см

z – число зубьев колеса,

c – скоростной коэффициент, см. табл. О.2

B – полная ширина зуба, см;

β - угол наклона зубьев;

ε_z – коэффициент перекрытия в торцовом сечении; для редукторов обычно $\varepsilon_z = 1{,}6$

Значения допускаемых напряжений $\sigma_{и.доп}$– таблица О.3.

О.2.2 Проверка на смятие .

Контактные напряжения в поверхностном слое зубьев прямозубых колес определяют по формуле:

$$\sigma_{пов}, \text{МПа} = 76\sqrt{\frac{M_{к1}}{Bd_{к1}}\frac{i+1}{i+0{,}14}} \le \sigma_{пов.доп.} \qquad (О.2)$$

где $M_{к1}$ – крутящий момент, передаваемый колесом 1

$d_{к1}$ – делительный диаметр окружности колеса 1,

$i \ge 1{,}0$ – передаточное отношение;

$\sigma_{пов.доп}$ – допускаемое напряжение, см. см. табл. О.4.

Для косозубых колес значения $\sigma_{пов}$ уменьшают на 10%.

Таблица О.1-Значения коэффициента формы зуба y при числе зубьев колеса z для внешнего зацепления, коррекция отсутствует.

z	10	15	17	20	25	30	43	50	100	∞
y	0,20	0,29	0,30	0,32	0,34	0,36	0,40	0,41	0,45	0,482

Таблица О.2. Скоростные коэффициенты с в зависимости от скорости на начальной окружности, v, м/с

Передачи	Редукторные	Открытые
Прямозубые	$1+0{,}16v$	$1+0{,}35v$
Косозубые	$1+0{,}11v$	

Таблица О.3-Значения допускаемых напряжений изгиба $\sigma_{и.доп.}$, МПа, для расчетного случая «Б».

Марка стали	35Л	55Л	35	50	40Х
Допускаемое напряжение $\sigma_{и.доп.}$, МПа	90	100	120	170	200
Термообработка до твердости НВ	Нормализация		Закалка		
	125–170	160–210	141–180	200–230	235–270

Таблица О.4 - Допускаемые контактные напряжения $\sigma_{пов.доп}$ МПа

Марка стали	Термообработка	Значения $\sigma_{пов.доп}$ при частоте вращения шестерни или колеса, об/мин							
		10	25	50	100	250	500	1000	1500
35Л	Нормализация НВ = 125…170	680	650	600	530	4100	3200	–	–
55Л	Нормализация НВ = 160…210	740	710	670	590	470	380	–	–
35	Нормализация НВ = 140…180	850	830	810	750	650	550	490	450
50	Закалка НВ = 200…230	1100	1080	1060	1000	9000	8000	740	700
40Х	Закалка НВ = 235…270	1200	1180	1160	1100	1000	870	810	800

ПРИЛОЖЕНИЕ П. Выбор ходовых колес по нормам AISE (справочное)

Допускаемая вертикальная нагрузка на ходовое колесо $P_{доп}$ определяется по формуле:

$$P_{доп} = P_{ном} /(K_c \times k_2),$$

где $P_{ном}$ - значение вертикальной номинальной нагрузки в соответствии с таблицами П.1 и П.2;

K_c – скоростной коэффициент в соответствии с таблицей П.3;

k_2 - коэффициент режима нагружения, см. Приложение Н, таблица Н.2.

Таблица П.1-Номинальные допускаемые нагрузки на крановые колеса в кН при поверхностной твердости 320НВ, при скоростном коэффициенте K_c=1, и различных глубинах закалки

Диаметр колеса, мм	Тип рельса (погонная масса), кг/м							> 286 НВ на максимальной глубине, мм	> 267 НВ на максимальной глубине, мм
	15	20	30	52–53	68	87	86		
200	54	63						1,45	2,18
230	60	71	100					1,63	2,44
250	67	79	110					1,80	2,72
300	80	95	133	142				2,18	3,28
380	100	119	166	178				2,72	4,09
450	121	142	200	213	256	356	398	3,25	4,88
530		166	232	249	299	415	465	3,81	5,72
610			266	285	342	474	531	4,34	6,53
690				320	384	534	598	4,90	7,37
760				356	427	593	664	5,44	8,15
910					512	712	797	6,53	9,80
Эффективная ширина рельса, мм	27,00	31,75	44,45	47,63	57,15	79,38	88,90		

Таблица П.2 Нагрузки на ходовые колеса, подвергнутых закалке до HRc = 55–60, для скоростного коэффициента K_c =1,0, при различных глубинах закалки

Диаметр колеса, мм	Тип рельса, кг/м							> 338 HB на максимальной глубине, мм	> 315 HB на максимальной глубине, мм
	15	20	30	52–53	68	87	86		
200	75	90						1,73	2,60
230	85	100	140					1,93	2,90
250	94	110	155					2,13	3,20
300	113	133	186	200				2,57	3,86
380	140	166	232	250				3,23	4,85
450	170	200	280	300	360	500	558	3,86	5,80
530		232	325	350	418	580	650	4,5	6,76
610			372	400	478	664	744	5,16	7,75
690				450	538	747	837	5,8	8,70
760				500	600	830	930	6,43	9.65
910					717	996	1116	7,72	11,58
Эффективная ширина рельса, мм	27,00	31,75	44,45	47,63	57,15	79,38	88,90		

Таблица П.3 Корректирующий скоростной коэффициент K_c

Диаметр колеса, мм	Скорость передвижения, м/с												
	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
200	0,958	1,013	1,049	1,085	1,122	1,158	1,195	1,267	1,340	1,412	1,485	1,558	1,630
230	0,945	1,00	1,033	1,066	1,098	1,130	1,162	1,227	1,292	1,356	1,421	1,485	1,550
250	0,933	0,984	1,020	1,049	1,078	1,107	1,136	1,195	1,253	1,311	1,369	1,427	1,485
300	0,916	0,958	1,00	1,025	1,049	1,074	1,098	1,146	1,195	1,243	1,292	1,340	1,389
380	0,899	0,933	0,966	1,00	1,020	1,040	1,059	1,098	1,136	1,175	1,214	1,253	1,292
450	0,887	0,916	0,945	0,972	1,00	1,017	1,033	1,066	1,098	1,130	1,162	1,195	1,227
530	0,880	0,902	0,927	0,952	0,976	1,00	1,015	1,042	1,070	1,098	1,126	1,153	1,181
610	0,874	0,894	0,916	0,937	0,958	0,980	1,00	1,025	1,049	1,074	1,098	1,122	1,146
690	0,868	0,887	0,906	0,925	0,945	0,962	0,982	1,018	1,033	1,054	1,076	1,098	1,119
760	0,864	0,881	0,899	0,916	0,933	0,950	0,966	1,00	1,020	1,040	1,059	1,078	1,098
910	0,859	0,874	0,887	0,900	0,916	0,929	0,945	0,972	1,00	1,017	1,033	1,049	1,066

ПРИЛОЖЕНИЕ Р. Предварительное определение мощности приводных электродвигателей

Механизмы подъема груза

$$P_Д = 1{,}25\,P_p, \qquad (Р.1)$$

где P_p – расчетная мощность, необходимая для перемещения груза с заданной скоростью.

Механизмы передвижения тележки или крана

$$P_Д = \frac{0{,}65(Q+G)va}{1000n} + \frac{P_{ст}}{1{,}75}, кВт \qquad (Р.2)$$

где $Q+G$ – масса тележки или крана с грузом;

v – скорость передвижения крана (тележки), м/с;

a – ускорение крана (тележки), м/с^2;

n – число двигателей;

$P_{ст}$ – статическая мощность, затрачиваемая на перемещение тележки или крана (для кранов, установленных на открытом воздухе, с учетом действия ветра с динамическим давлением 17,5Па), кВт.

ПРИЛОЖЕНИЕ С. Расчет на износ (сопротивление усталости) поверхностного слоя головки рельса

Методика расчета составлена с использованием положений австралийского стандарта 1418.1-1986 [60].

Расчетная нагрузка определяется по выражению:

$$P_p = \frac{P_{мин} + 2P_{макс}}{3}, \qquad (C.1)$$

где $P_{мин}$ и $P_{макс}$ – соответственно максимальные и минимальные вертикальные нагрузки на ходовые колеса крана в условиях эксплуатации крана в соответствии с паспортным режимом и заданным циклом работы крана.

Эта расчетная нагрузка не должна превышать допускаемой средней нагрузки на рельс, определяемой по формуле:

$$P_T = C_к P_{TS} \qquad (C.2)$$

где P_{TS} – допустимая номинальная средняя нагрузка от колеса на рельс, кН.

$C_к$ – число циклов нагружения рельса в контакте с ходовыми колесами крана; при одновременной работе двух и более кранов на одних путях, учитываются контакты от колес всех кранов, определяется по формуле (С.3):

$$C_к = \frac{20000}{(N_{XW})^{0,66}}, \qquad (C.3)$$

где N_{XW} - число нагружений каждой точки поверхности головки рельса, определяют по формуле (С.4):

$$N_{XW} = 2T_n N_W, \qquad (C.4)$$

где T_n – число циклов работы крана, соответствующее его группе режима работы крана, а также принятому сочетанию групп нагружения и числу циклов работы.

N_W - число ходовых колес, перемещающихся по данному рельсу.

Величину N_{XW} принимают не менее $8x10^5$, но не более $38x10^5$.

Величина номинальной средней нагрузки определяется по выражению:

$$P_{TS} = 4,9DB_pC_m, \qquad (C.5)$$

где D – диаметр колеса, мм;

B_p – расчетная ширина колеса, (для железнодорожных рельсов всех типов B_p=73мм, для крановых рельсов значения B_p в таблице С.1);

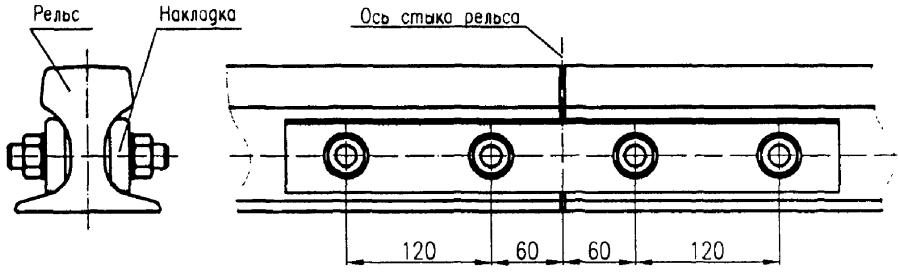
Таблица С.1-Значения B_p для крановых рельсов

Тип рельса	КР70	КР80	КР100	КР120	КР140
B_p, мм	62	70	90	110	125

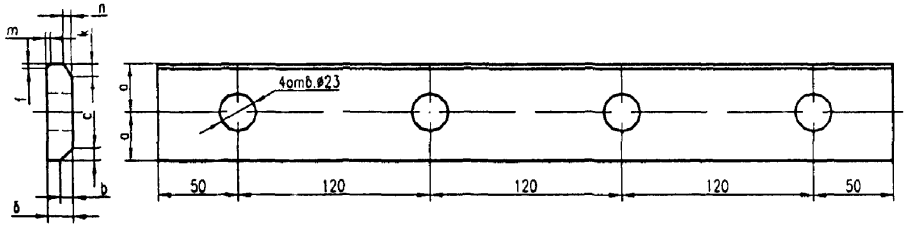
$C_m = (\sigma_т/400)^2$;

где $\sigma_т$ - предел текучести материала рельса, МПа.

ПРИЛОЖЕНИЕ Т. Болтовый стык крановых рельсов.



Накладки



Рельс	Размеры, мм						Масса
	a	b	c	δ	k	n	1шт., кг
КР70, КР80	30	8	8	16	8	5	3,27
КР100	35	9	9	20	9	6	4,80
КР120	40	12	12	25	11	7	6,81
КР140	40	18	13	30	12	8	8,65

ПРИЛОЖЕНИЕ У. Указания по выполнению электросварных стыков рельсов

В месте стыка на крановую балку укладывают медную подкладку 1 толщиной 5 – 6 мм в соответствии с рисунком У.1. При этом по обе стороны стыка рельсы выкладывают горизонтально, концы рельсов с помощью металлических клиньев поднимают и фиксируют прижимами, выдерживая зазор в свету 18 – 20мм.

На медной подкладке размещают стальную пластину 2 толщиной 4...8мм.. Пластину приваривают к подошве рельса, предварительно подогрев зоны стыков рельсов шириной по 200мм до температуры 300 – 350^{0}С , которая должна обеспечиваться в ходе всего процесса сварки.

Прихватывают пластину к подошве рельсов, а затем приваривают ее сквозным проваром (до медной подкладки).

После зачистки сварных швов удаляют подкладку 1. Устанавливают и крепят струбцинами боковые медные полуформы 3 и 4.

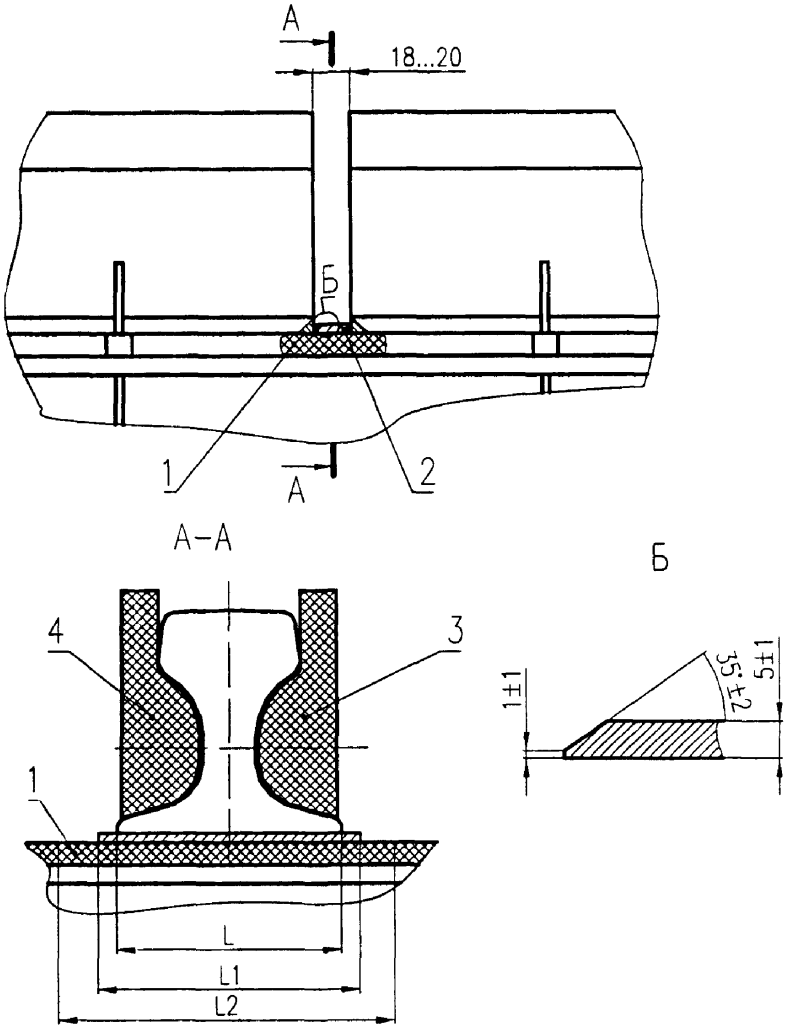
Заваривают зазор между торцами рельсом. Сварка – ручная, электродами марки УОНИ-13/55 по ГОСТ 9466 – 75 [8]. В зависимости от зоны сварки, следует применять электроды различной марки (рисунок У.2). Сварка без перерыва, производится на постоянном токе обратной полярности. Ее выполняют после стабилизации температуры предварительного подогрева; при этом наплавляемый металл должен находится в жидком состоянии.

При полуавтоматической сварке используют проволоку марки СВ08Г2С диаметром 1,6–2,0мм по ГОСТ 2246-70 [4]; сварка – в среде CO_2.

При подъеме сварочной ванны на 3 – 4мм выше уровня головок, сварку прекращают и заваривают кратер. Очищают поверхность шва головок. До остывания головки производят ее проковку и шлифовку.

Прогревают зону сварки до 600–650^{0}С газовой горелкой. Укутывают стык теплоизолирующим материалом, который может быть удален только после остывания металла до 300 – 350^{0}С.

Производят окончательную зачистку сварного шва. Визуально, с применением лупы, контролируют его состояние.



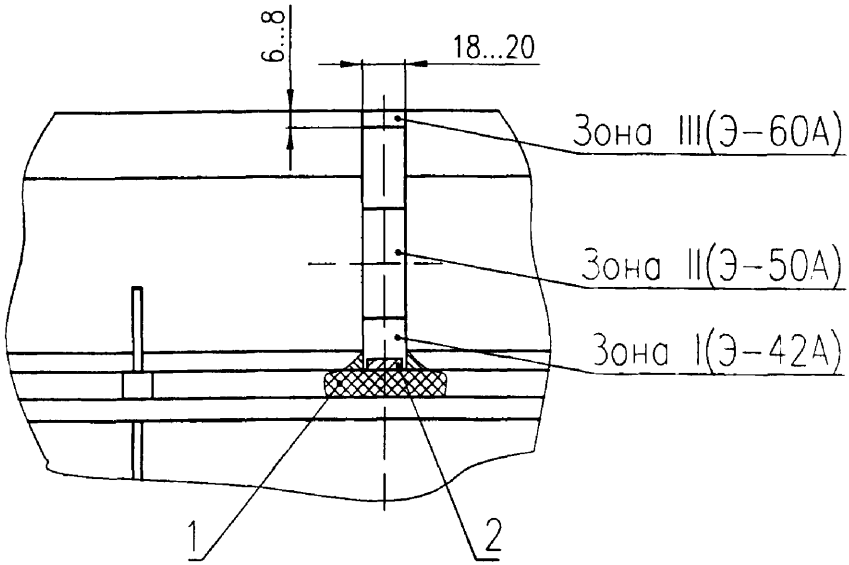
1-медная подкладка; 2-стальная полоса; 3, 4-медная полуформа.

L-ширина подошвы рельса;

L1=L+20мм;

L2=L1+20...30мм.

Рисунок У.1-Схема приварки стыка рельса.



1-медная подкладка; 2-стальная полоса.

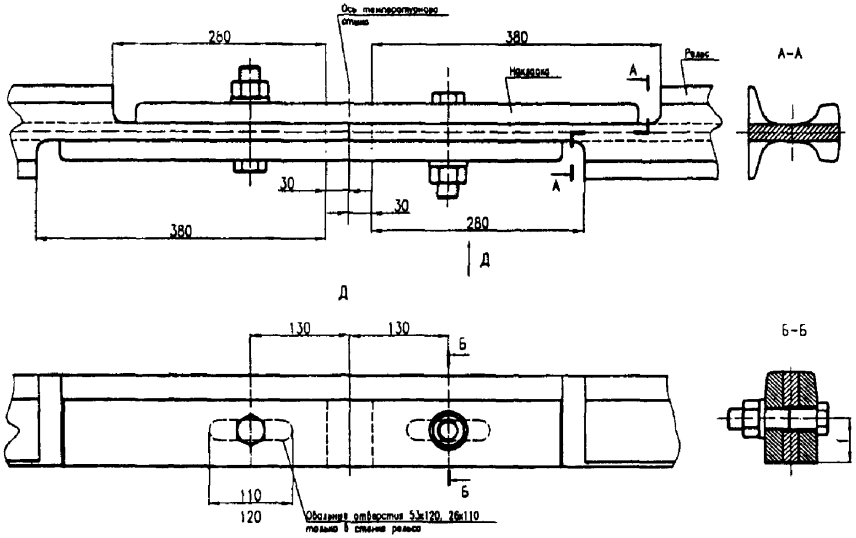
Рисунок У.2-Схема зон сварки

Сварка рельсов без применения форм (ванн) допускается только в качестве временной меры, при ремонтах путей.

При применении сварных стыков длина плетей рельсов может не ограничиваться. Длина отрезков соединяемых сваркой рельсов должна быть не менее 6000 мм.

Сварные стыки рекомендуется располагать на расстоянии не менее 1500мм от оси колонны

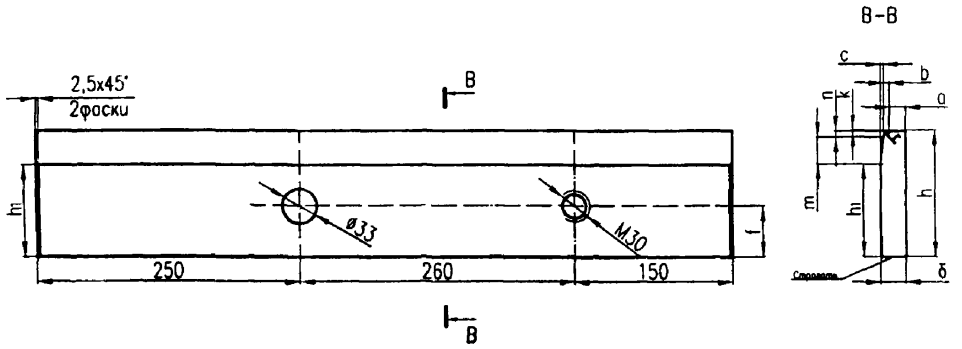
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф. Болтовый стык с компенсацией смещений рельсов (температурный стык)



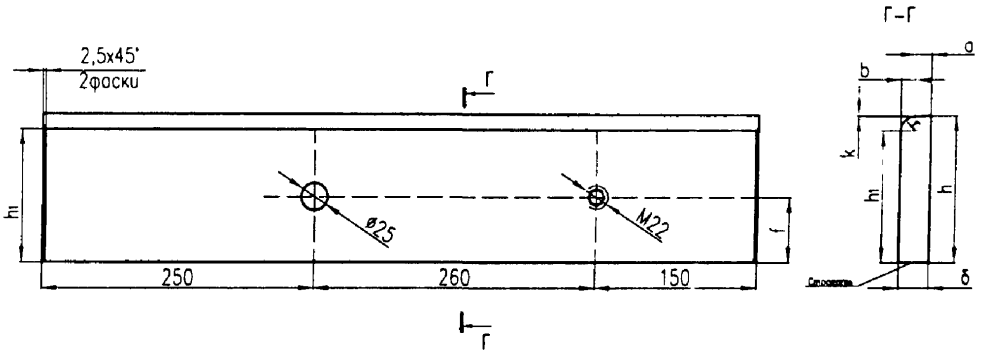
Накладки следует изготавливать из стали повышенной прочности, например, марок сталь 60 – сталь 70, и подвергать термообработке до твердости, соответствующей твердости головок рельсов.

Накладки:

Тип I

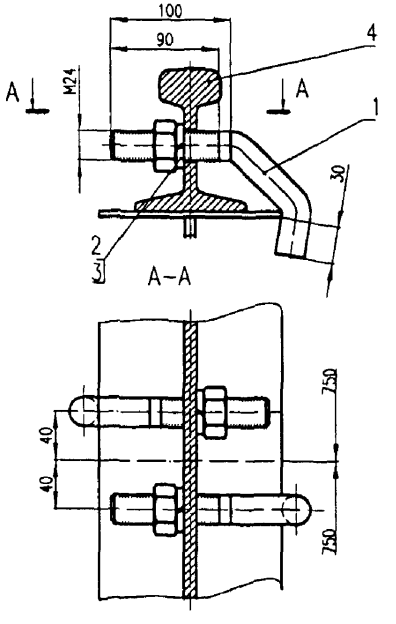


Тип II



Рельс	Тип накладки	Размеры, мм										Масса, кг
		a	b	c	k	n	m	f	h	h_1	Δ	
КР70	I	16	5	3	1	5,5	26	48	120	87,5	24	14,9
КР80	I	18	7	3	1,5	7	26,5	51	130	95	28	18,9
КР100	I	25	7	3	2	7	31	58	150	110	35	27,2
КР120	I	32	7	3	3	7	35	66	170	125	42	37
КР140	I	32	7	3	3	8	39	66	170	120	45	39,6
Р38	II	15	13	-	0,8	-	13	59,5	135	21,2	28	19,6
Р43	II	15	13	-	0,9	-	13	62,5	140	126,1	28	20,3

ПРИЛОЖЕНИЕ Х. Крепление рельсов с помощью крючьев



1-крюк; 2-гайка; 3-шайба пружинная; 4-рельс.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ц. Эластичные и регулируемые рельсовые крепления Gantrex (фирма Gantry Krantechnik Gmbh)*

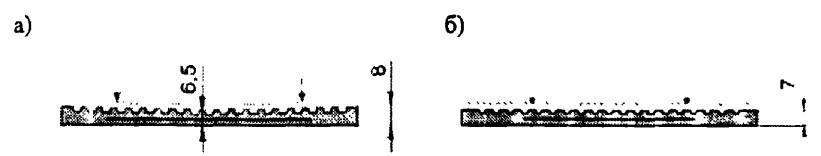
Подкладки серии МК6 изготавливают из синтетического эластомера, они имеют рифленую верхнюю поверхность (поверхность прилегания к рельсу) и армированы по всей длине стальной пластиной.

Для рельсов типа КР, имеющих выпуклую подошву, рекомендуется применение прокладок серии RC с вогнутым контуром верхней поверхности (рисунок Ц.1, а). Возможно также применение прокладок серии RF с прямым контуром верхней поверхности (рисунок Ц.1, б). Ширину подкладки принимают на 2 – 8мм меньше ширины подошвы рельса. Твердость подкладки по Шору – 75^0; прочность при растяжении – 12МПа, на сжатие – 80МПа. Обозначение и погонная масса резинометаллических прокладок типа RC с вогнутым контуром верхней поверхности и типа RF с прямым контуром верхней поверхности, применяемых с рельсами типа КР, приведены в Таблице Ц.1. Стандартная длина прокладки составляет 12м.

Обычно подкладки размещают по всей длине рельса. Деформации подкладок под нагрузкой достигают 1...2 мм.

Выпускаются крепления, прикрепляемые к верхнему поясу подкрановой балки посредством болтовых соединений и крепления, прикрепляемые к верхнему поясу подкрановой балки посредством сварных соединений. В комплект креплений прикрепляемых посредством болтовых соединений входят (рисунок Ц.2, а и б) фасонные прижимные планки, которые крепят к поясу балки болтами диаметром 16-24 мм. Предусмотренные в планке косой паз и клиновая шайба позволяют надежно зажимать рельс, обеспечивая при монтаже регулирование его бокового положения в пределах 10 – 20мм. Нижняя часть прижимных планок поджимает боковую поверхность подошвы рельса. Планки оборудованы завулканизированными упорами из синтетического эластомера для зажима верхней поверхности подошвы рельса. Пример крепления приведён на рисунке Ц.3.

В комплект крепления, прикрепляемого к верхнему поясу подкрановой балки посредством сварного соединения, входят упорная планка, прикрепляемая к верхнему поясу подкрановой балки посредством сварного соединения, прижимная планка, специальные болты крепления прижимной планки к упорной планке, шайбы, гайки. Упорная и прижимная планки оборудованы расположенными ответно друг другу клиновыми упорами, обеспечивающими надёжную фиксацию. Регулирование бокового положения рельса в пределах S=8 – 20мм производится за счёт косого паза на прижимной планке. Прижимные планки оборудованы завулканизированными упорами из синтетического эластомера для зажима верхней поверхности подошвы рельса. Боковая поверхность подошвы рельса также поджимается прижимной планкой. Пример крепления приведён на рисунке Ц.4.



а) прокладки типа RC с вогнутым контуром верхней поверхности;

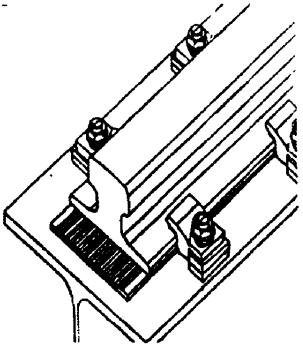
б) прокладки типа RF с плоской прямым контуром верхней поверхности.

Рисунок Ц.1-Схема сечения подкладки

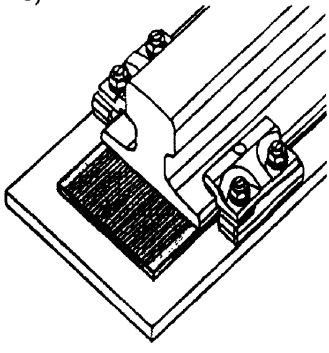
* *Aachen, ФРГ, http//www.gantry.com/*

Шаг установки планок 500 - 800мм; в зависимости от горизонтальной нагрузки на ходовое колесо (фирма рекомендует 20% от вертикальной нагрузки) и условий на местах. Рекомендуются болты класса прочности 8.8 и выше.

а)



б)



а) одноболтовые крепления; б) двухболтовые крепления

Рисунок Ц.2-Установка рельсов на подкладках Gantrex.

Таблица Ц.1 Резинометаллические прокладки серии МК6, применяемые с рельсами типа КР

Тип рельса		КР70	КР80	КР100	КР120	КР140
Ширина подошвы рельса LN		120	130	150	170	170
Погонная масса прокладки, кг/м	Прокладка серии RC: МК6-RC-LN	-	-	1,5	1,8	1,8
	Прокладка серии RF: МК6-RF-LN	1,2	1,3	1,4	-	-
Пример обозначения резинометаллической прокладки для рельса КР100 (ширина подошвы рельса LN=150мм): - прокладка с прямым контуром верхней поверхности: МК6-RC-150; - прокладка с вогнутым контуром верхней поверхности: МК6-RF-150.						

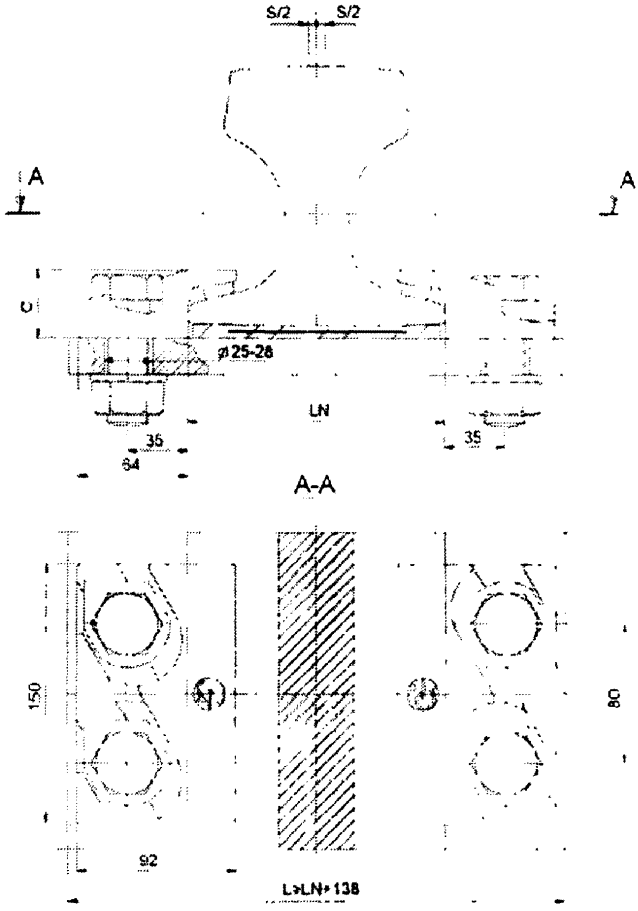


Рис. Ц.3 Вариант присоединения крепления рельса КР100, КР120, КР140 к подкрановой балке при помощи болтовых соединений (крепление Gantrex типа 32/250)

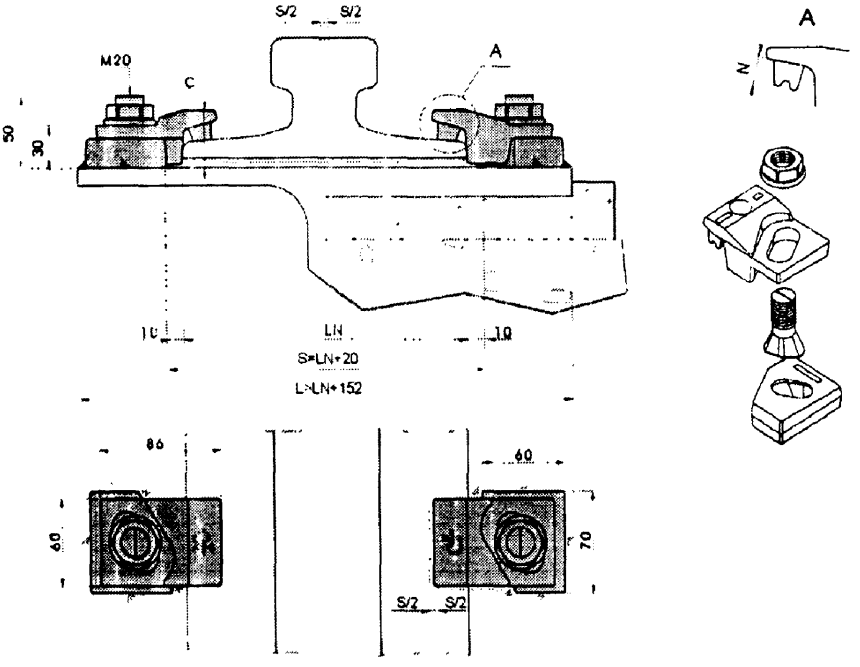


Рис. Ц.4 - Вариант присоединения крепления рельса к подкрановой балке при помощи сварных соединений (крепление Gantrex типа 21/080)

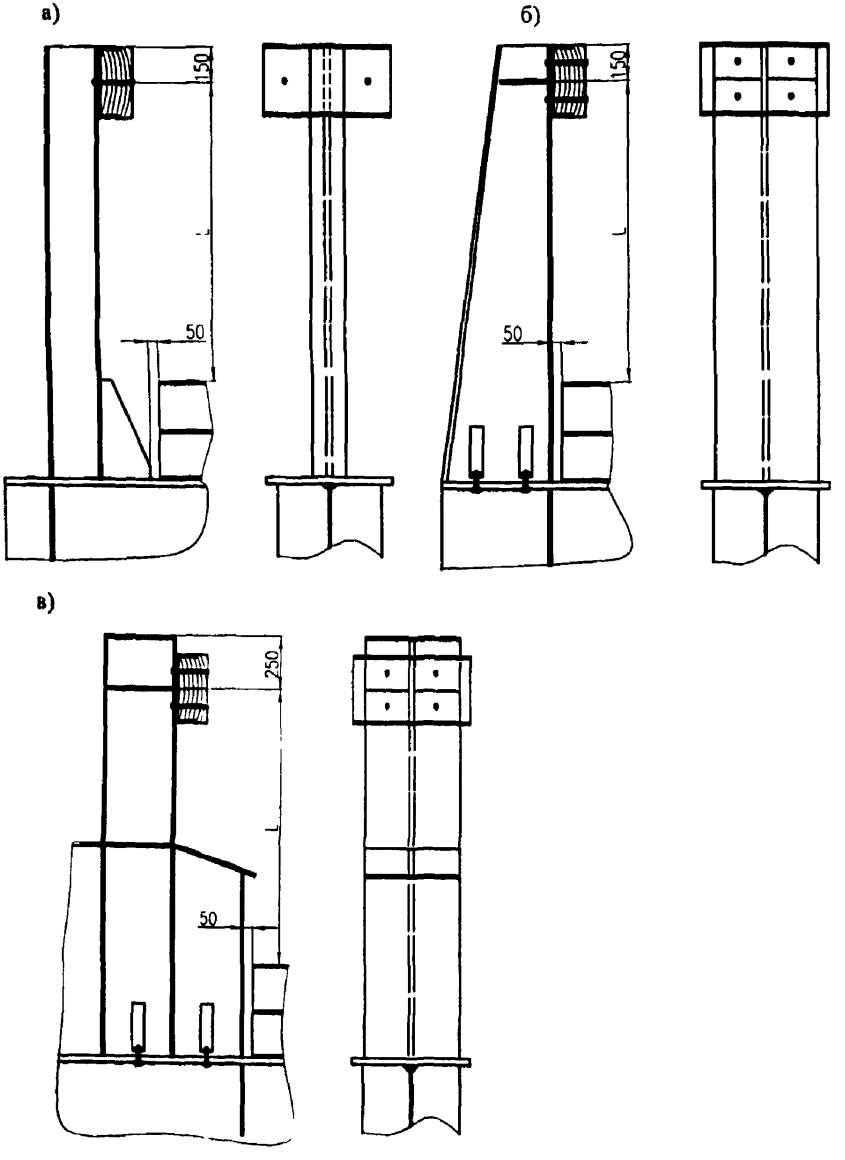
Таблица Ц.2 Техническая характеристика креплений Gantrex типа 32/250 (рис.Ц.3), 21/080 (рис. Ц.4)

Тип рельса	Крепление рельса**	Схема крепления	Максимальная воспринимаемая боковая сила, кН, при классе прочности болта			Момент затяжки, кНм, болта при классе прочности болта			Диаметр болта, мм	Боковая регулировка S, мм	C, мм (рис Ц.3, Ц.4)	Масса крепления, кг
			4.6	5.6	8.8	4.6	5.6	8.8				
КР70	21/080/BQ	Рис. Ц.4	-	-	75	-	-	250	M20*	12	40	1.15
КР80	21/080/BK	Рис. Ц.4	-	-	75	-	-	250	M20*	12	40	1.15
КР100	32/250/BJ	Рис. Ц.3	100	120	250	250	300	660	M24	10	40	2
	21/080/BK	Рис. Ц.4	-	-	75	-	-	250	M20*	12	40	1.15
КР120	32/250/CQ	Рис. Ц.3	100	120	250	250	300	660	M24	10	48	2.5
	21/080/BI	Рис. Ц.4	-	-	75	-	-	250	M20*	12	40	1.15
КР140	32/250/CJ	Рис. Ц.3	100	120	250	250	300	660	M24	10	48	2.5

* - применяются специальные болты фирмы Gantry Krantechnik GmbH.

** - окончательный выбор резинометаллической прокладки и крепления рельса для конкретных условий осуществляется по согласованию с фирмой-изготовителем Gantry Krantechnik GmbH.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ч. Схемы тупиковых упоров



L - размер принимается по данным завода-изготовителя кранов.

а) до 50 т; б) до 250 т; в) свыше 250 т.

Рисунок Ч.1-Примеры выполнения концевых упоров для кранов различной грузоподъемностью

Основные буквенные обозначения величин

Обозначение	Содержание обозначения
A	энергоемкость буфера
C	жесткость пружины (пружин)
C_T	суммарное число циклов работы крана за срок службы
C_{ip}	число циклов работы крана при выполнении им каждой из технологических операций за срок его службы
$D_{бл}$	диаметр блока
$D_к$	диаметр каната
E	модуль упругости первого рода
H	габаритная высота сечения балки
G	модуль сдвига
$G_п$	вес грузовой подвески и других элементов, перемещающихся совместно с грузом
I_S	момент инерции сечения поперечного (вертикального) ребра жесткости
I_x	момент инерции сечения
$J_н$	величина номинального тока аппаратов
$J_п$	момент инерции продольных ребер
$J_р$	расчетный ток в цепи статора или ротора выбранного электродвигателя, соответствующий расчетной мощности номинального режима
K_G	коэффициент перегрузки, относимый к весу элемента крана
K_Q	коэффициент перегрузки, относимый к весу груза
K_σ	коэффициент нормальных напряжений, зависящий от характера распределения напряжений по кромкам пластинки и отношения α длины пластинки a к ее высоте h_{ef}
K_τ	коэффициент касательных напряжений, зависящий от характера распределения напряжений по кромкам пластинки и отношения α длины пластинки a к ее высоте h_{ef}
$K_к$	коэффициент использования по условиям коммутационой устойчивости
$K_{пг}$	корректирующий коэффициент
$K_р$	коэффициент распределения нагрузок
$K_{рс}$	коэффициент спектрального распределения действующих в элементе напряжений
$K_с$	скоростной коэффициент
$K_э$	коэффициент запаса по условиям эксплуатации
$M_{ср}$	среднее значение момента в пределах отсека
M_i	масса груза
N	нормированное число включений в час
$P_д$	мощность приводных двигателей механизмов тележки и крана
P_0	Усилие предварительного поджатия пружины
$P_б$	горизонтальные динамические нагрузки, возникающие при взаимодействии крана с буфером тупикового упора, или с буферами смежного крана (буферный удар)
$P_{дг.i}$	нагрузка, действующая на элемент конструкции и груз массой M_i от горизонтальных динамических нагрузок, возникающих от работы механизмов передвижения крана и тележки.
$P_{дк}$	вертикальные динамические нагрузки, действующие на элемент конст-

Обозначение	Содержание обозначения
	рукции весом Р вследствие прохода колес крана по неровностям кранового рельсового пути
$P_{дп}$	динамические нагрузки, возникающие при работе механизма подъема груза крана.
$P_{ос}$	осевые нагрузки на ходовые колеса крана, возникающие вследствие отклонения направления движения крана от оси кранового рельса
$Q_{ср}$	среднее значение поперечной силы в пределах отсека
R_{wu}	расчетное сопротивление сварных соединений по временному сопротивлению
R_{bp}	расчетное сопротивление одноболтовых соединений смятию болтов
R_{bs}	расчетное сопротивление одноболтовых соединений срезу болтов
R_{bt}	расчетное сопротивление одноболтовых соединений растяжению болтов
R_{bun}	нормативное сопротивление высокопрочных болтов
R_s	расчетное сопротивление сдвига
R_l	расчетное сопротивление смятия элементов, соединяемых болтами
R_{th}	расчетное сопротивление растяжения в направлении толщины проката
R_{lp}	расчетное сопротивление местного смятия
R_u	расчетное сопротивление по временному сопротивлению
R_{un}	нормативное сопротивление по временному сопротивлению
R_y	расчетное сопротивление усталости
R_{wf}	расчетное сопротивление по срезу (условному) по металлу шва
R_{ws}	расчетное сопротивление сварных соединений по сдвигу
R_{wun}	нормативное сопротивление по металла шва по временному сопротивлению
R_{wy}	расчетное сопротивление сварных стыковых соединений по пределу текучести
R_{wz}	расчетное сопротивление угловых сварных соединений срезу (условному) по металлу границы сплавления
R_y	расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести
R_{yn}	предел текучести стали, принимаемый равным пределу текучести по государственным стандартам и техническим условиям
R_{un}	временное сопротивление стали, принимаемое равным минимальному значению σ_s по государственным стандартам и техническим условиям
U	окружное усилие в зацепление
$V_{ном}$	номинальная скорость передвижения крана (грузовой тележки)
$П$	годовая производительность цеха
A	Ускорение
h_{ef}	расчетная высота отсека
h_1	отношение диаметра барабана, блока, замеренное по средней линии каната к диаметру каната
I	передаточное отношение
k_1	коэффициент безопасности
k_2	коэффициент режима
k_d	динамический коэффициент, определяется по графику рис.4.7
k_M	запас прочности
L	Пролет
M	показатель наклона графика усталости (кривая Велера)
m_n	полезная грузоподъемность крана

Обозначение	Содержание обозначения
m_{cz}	масса съемного грузозахватного приспособления
N	число уровней частных расчетных напряжений
Q	коэффициент формы зуба
T	толщина пластинки
t_n	толщина пояса
t_p	продолжительность разгона крана
z_{np}	число приводных ходовых колес крана (тележки)
$z_{экв}$	эквивалентное число циклов
α_v	коэффициент режима работы элемента
γ_c	коэффициент условий работы
γ_m	Коэффициент надежности по материалу
γ_v	коэффициент, учитывающий вид напряженного состояния и асимметрию действующих напряжений
γ_{wm}	коэффициент надежности по материалу шва
δ_5	относительное удлинение образца с отношением диаметра к расчетной длине 1:5
$\sigma_{кр}$	нормальное критическое напряжение
δ_0	начальная погибь пластинки
ν	коэффициент поперечной деформации (Пуассона)
ρ	коэффициент асимметрии напряжений
σ	действующее в элементе конструкции нормальное напряжение
σ_{max}	наибольшее нормальное напряжение в расчетном сечении элемента
σ_{min}	наименьшее по абсолютному значению нормально напряжение в расчетном сечении элемента
$\sigma_в$	напряжение в поясе балки от действия собственного веса и вертикальной подвижной нагрузки
$\sigma_в$	Временное сопротивление
$\sigma_г$	напряжение в поясе балки от действия собственного веса и горизонтальной нагрузки
$\sigma_{кр}$	критическое нормальное сжимающее напряжение;
$\sigma_т$	Предел текучести
τ	расчетное касательное напряжение
$\tau_{кр}$	критическое касательное напряжение;
ϕ	коэффициент толчков
$[p]$	допускаемая величина удельного давления
$[q]$	допускаемое среднее удельное давление

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 1451-77 Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и методы определения.
2. ГОСТ 1759.4-87 Болты, винты и шпильки. Механические свойства и методы испытаний.
3. ГОСТ 4121-96. Рельсы крановые. Технические условия.
4. ГОСТ 2246-70 Проволока сварочная.
5. ГОСТ 7817-80 Болты с шестигранной уменьшенной головкой класса точности А для отверстий из под развертки. Конструкция и размеры.
6. ГОСТ 8193 – 73 Накладки двухголовые к рельсам типов Р65 и Р75. Конструкция и размеры
7. ГОСТ 8865-93 Системы электрической изоляции. Оценка нагревостойкости и классификация
8. ГОСТ 9466 – 75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки или наплавки. Классификация и общие технические условия»
9. ГОСТ 14254-80 Изделия электротехнические оболочки. Степени защиты
10. ГОСТ 15150 – 69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
11. ГОСТ 19128-73 Накладки двухголовые к рельсам типа Р50. Конструкции и размеры.
12. ГОСТ 21354-87 Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность.
13. ГОСТ 21424–93 Муфты упругие втулочно-пальцевые. Параметры и размеры.
14. ГОСТ 24741-81 Узел крепления крановых рельсов к стальным подкрановым балкам Технические условия.
15. ГОСТ 25546-82 Краны грузоподъемные. Режимы работы.
16. ГОСТ 25835-83 Краны грузоподъемные. Классификация механизмов по режимам работы.
17. ГОСТ 27584 – 88* Краны мостовые и козловые электрические. Общие технические условия.
18. ГОСТ 28648-90 Колеса крановые. Технические условия
19. ГОСТ 30546.1-98 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости.
20. ГОСТ Р 50895-96 Муфты зубчатые. Технические условия.
21. ГОСТ Р 51333-99 Безопасность машин. Основные понятия. Общие принципы конструирования. Термины, технологические решения и технические условия.
22. ГОСТ Р 51685-2000 Рельсы железнодорожные. Общие технически е условия.
23. ГОСТ Р 51908-2002 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части условий хранения и транспортировки
24. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Утверждены Госгортехнадзором РСФР 21.04.1964г.
25. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Утверждены Госгортехнадзором России 30.12.1992г.
26. ПБ 10-382-00 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Утверждены Госгортехнадзором. России 31.12.99г.
27. ПУЭ-7 Правила устройства электроустановок. Седьмое издание (с изменениями и дополнениями) по состоянию на 1 ноября 2005г.

28. СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия
29. СНиП II-23-81* Стальные конструкции.
30. СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии.
31. СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах.
32. СП-53-102-2004 Общие правила проектирования стальных конструкций
33. СП-53-101-98 Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций
34. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
35. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
36. СН 2.2.4/2.1.8.566 – 96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
37. Санитарные правила по устройству и оборудованию кабин машинистов кранов, М. 1975.
38. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
39. ПБ 11-493-02. Общие правила безопасности для металлургических и коксохимических производств.
40. ОСТ 24.090.85-88 Электроприводы кранов грузоподъемных. Нормы расчета
41. ОСТ 24.191.37-78 Краны мостовые электрические крюковые грузоподъемностью 3,2–50т Буфера резиновые. Конструкция и размеры.
42. РД 24.090.52-90 Подъемно-транспортные машины. Материалы для сварных металлических конструкций.
43. РД 24.090.97- 98 Оборудование подъемно-транспортное. Требования к изготовлению, ремонту и реконструкции металлоконструкций грузоподъемных кранов.
44. РД 24.090.100-99 Оборудование подъемно-транспортное. Указания по проведению входного контроля качества конструкционных сталей и сварочных материалов для изготовления, ремонта, реконструкции и монтажа металлоконструкций грузоподъемных кранов.
45. РД 24.090.102-01 Основные требования безопасности к устройству и эксплуатации ветрозащитных систем мостовых и козловых кранов.
46. РД–10–118–96 Основные требования безопасности к ограничителям грузоподъемности электрических мостовых и козловых кранов.
47. РД 10-399-01 Требования к регистраторам параметров грузоподъемных кранов.
48. РТМ 24.090.62-81 Нормы расчета и проектирования стальных козловых и мостовых кранов большой грузоподъемности
49. ТП РД 24.090.95-89 Машины грузоподъемные для взрывоопасных зон. Основные требования на проектирование.
50. ТП РД 24.090-96-89 Машины грузоподъемные для пожароопасных зон. Основные требования на проектирование.
51. СТО 254.09-5281-01-93 ВНИИПТМАШ - ПОДЪЕМТРАНСТЕХНИКА Краны грузоподъемные промышленного назначения. Нормы и методы расчета элементов стальных конструкций.
52. Рекомендации по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых соединений стальных строительных конструкций. ВНИПИ Промстальконструкция, М. 1989
53. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к разделу 20 главы СНиП II – 23 – 81) Укрпроектстальконструкция. Киев, 1988.
54. Стандарт ISO 40301-1 Cranes and lifting appliances; Classification

55. Стандарт ISO 4302:81 Cranes – Wind load assessment
56. Стандарт ФРГ DIN 15451. Шарнирные муфты. Подсоединительные размеры.
57. Стандарт ФРГ DIN EN Krane- Konstruktion allgemein Teil 2 Lasteinwirkungen: Deutsche Fassung EN 13001-2:2004.
58. Стандарт Австралии 1418.1-1986 SAA CRANE CODE PART1 – GENRRAL REQUIREMENTS.
59. FEM 1.001 Rules for the design of hoisting appliances. Book.3. 1987.
60. AISE Technical Report #.6 Specification for electric overhead traveling cranes for steel mill service.
61. AISE Technical Report # 13. Guide for the Designn and Construktion of Mill Buldings, 2003.
62. Абрамович И.И., Березин В.Н., Яуре А.Г. Грузоподъемные краны промышленных предприятий. Справочник. М. Машиностроение, 1989.
63. Александров М.П. Грузоподъемные машины. М, МГУ им. Н.Э. Баумана, 2000.
64. Бирбраер А.Н. Расчет конструкций на сейсмостойкость С-Петербург, Наука, 1998.
65. Биргер И.А., Шорр Б.Ф. Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. Справочник. М. Машиностроение, 1993.
66. Богинский К.С., Зотов Ф С., Николаевский Г.М. Мостовые и металлургические краны, М. Машиностроение, 1970.
67. Вибрации в технике. Справочник. Т.6. Защита от вибрации и ударов. М. Машиностроение, 1981.
68. Вибрация кабин мостовых кранов. Федоров А.Л. и др. Вестник машиностроения, 1985, № 4, 12-13.
69. Гордеса В.А. Рельсовые пути тяжелых транспортных устройств, М. Транспорт 1981.
70. Девнин С.И. Аэродинамика плохообтекаемых конструкций. Л. Судостроение. 1983.
71. Зарецкий А.А. Разработка специального технического регламента «О безопасности подъемно-транспортного оборудования и процессов его эксплуатации», Подъемно-транспортное дело, 2006, №1.
72. Защита машиниста крана от вибрации Кабаков А.М. и др. Безопасность труда в промышленности, 1997, №5, с.25-27.
73. Кириченко А.И. Подкрановые пути. М. Машиностроение. 1966.
74. Краснов В.И, Терегулов Ф.Ш. Ремонт резьбовых соединений. Справочник. М. Химия, 1994.
75. Кубланов Н П., Спенглер И.Е. Строительная механика и металлические конструкции кранов. Будивельник, Киев, 1968.
76. Кудишин Ю.И., Болотов О.В. «К вопросу о совместной работе на кручение рельса, верхнего пояса и стенки подкрановой балки при локальном поперечном режиме», Изв. Вузов, Строительство, 1994, № 2.
77. Курсовое проектирование грузоподъемных машин. Под ред. Казака С.А. М. Высшая школа, 1989.
78. Ланг А..Г., Мазовер И.С., В.С. Майзель Портальные краны. М-Л, Машгиз, 1962.
79. Лихачев В.Л. Электродуговая сварка. Пособие для сварщиков и специалистов сварочного производства. М. Солон-Пресс, 2006.
80. Лобов Н.А. Динамика передвижения кранов по рельсовому пути. М. МГТУ им. Баумана, 2003.
81. Лях Г.Д., Смола В.И. Кондиционирование воздуха в кабинах транспортных средств и кранов. М., Металлургия, 1982.

82. Металлические конструкции. Под ред.Кудишина Ю.И. М,Academia, 2006.
83. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. Гордеев В.Н. и др. М. ИАСВ, 2006.
84. Основы сварки судовых конструкций. Андреев С.Б. и др. С.-Петербург, Судостроение, 2006.
85. Панасенко Н.Н, Божко С.Г. Сейсмостойкие подъемно-транспортные машины атомных станций. Изд. Красноярского ун-та, Красноярск. 1988.
86. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к разделу 20 главы СНиП II-23-81) Укрпроектстальконструкция, Киев 1988.
87. Приборы защиты грузоподъемных машин и механизмов от перегрузки. ООО «Сила +», М. 2003.
88. Расчеты крановых механизмов и деталей, ВНИИПТМАШ.1993. Т.1,Т2.
89. Реттер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика. М. Стройиздат, 1984.
90. Сварные строительные конструкции. Т.1 Основы проектирования конструкций. Барышев В.М. и др. Киев, Наукова думка, 1993.
91. Соколов С.А. Металлические конструкции подъемно-транспортных машин. Политехника. СПб, 2005.
92. Справочник проектировщика. Металлические конструкции. ЦНИИпроектстальконструкция. Т1. – Т.3 М, 1998 – 1999.
93. Справочник по кранам под. Ред. М.М. Гохберга Т.1. Л, Машиностроение, 1988. 87.
94. Трение, износ и смазка. Раздел 2. Машиностроение. Энциклопедия. Т. IV – 1, Машиностроение, 1995.
95. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) Под. ред. Чичинадзе А.В. М. Машиностроение, 2003.
96. Федосеев В.Н. Приборы и устройства безопасности грузоподъемных машин. Справочник М. Машиностроение. 1990.
97. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. Москва., АПМ, 2000.
98. Brückenkran auf 3 mm genau positoniert. Hebezeuge und Fördermittel, 2001, n.5.
99. Development of vibration control system on container crane girder. Mithubishi heavvy ind. techn. rev. 1997, 34, N 3, 105-109.
100. Ernst H. Die Hebezeuge, Braunschweig, F. Vieveg+Sohn, 1973.
101. Hoffmann, K. Spannungen in hohen Kranschienen durch Raddruck und Seitenkräfte, Fördern und Heben, 1974, N16.
102. Klein K, Schulz H., Qualitätssicherung von Krahnbahnen, Fördern und Heben 2001, N4 s.263-266.
103. Neumann A. Schweißtechnisches Handbuch für Konstrkteure Teil1, Teil 2. Berlin, VEB Verlag Technik, 1955.
104. Petersen C. Statik und Stabilität der Baukonstruktion Branschweig/Wiesbaden, Vieweg&Sohn. 1982.
105. Totten C.A. 10-Yar History 0f Crane Weel Assambly Maintance at Bethlehem's Burns Harbor Plant Iron and Steel Engineer, 1991.

gost.e-ecolog.ru