СТРОИТЕЛЬСТВО

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра комплексной безопасности
в строительстве

ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Методические указания к практическим занятиям
для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство
по профилю «Промышленное и гражданское строительство»

Составитель Е.Б. Сугак

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2019

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2019

УДК 331.4
ББК 65.247092
О-92

Рецензент — кандидат технических наук, доцент *А.А. Пижурин*,
доцент кафедры комплексной безопасности в строительстве НИУ МГСУ

О-92 **Охрана труда и техника безопасности в строительстве** [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство по профилю «Промышленное и гражданское строительство» / сост. Е.Б. Сугак ; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т, каф. комплексной безопасности в строительстве. — Электрон. дан. и прогр. (0,57 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2019. — Режим доступа: http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS. — Загл. с титул. экрана.

Методические указания к практическим занятиям бакалавров выполнены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Охрана труда в строительстве», шифр дисциплины Б1.В.ДВ.11.1. Рассмотрены вопросы расследования причин происхождения производственного травматизма на фактах реальных несчастных случаев, приведены примеры расчетов устойчивости земляного откоса и монтажной устойчивости колонны, устойчивости строительного крана, несущей способности такелажных приспособлений. К расчетным методикам дан необходимый пояснительный теоретический материал.

Учебное электронное издание

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2019

Редактор *Л.В. Себова*
Корректор *П.М. Щербинина*
Компьютерная правка и верстка *О.В. Суховой*
Дизайн первого титульного экрана *Д.Л. Разумного*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat.

Подписано к использованию 19.09.2019 г. Объем данных 0,57 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел.: (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

Оглавление

1. РАССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ 5
1.1. Общие положения по расследованию 5
1.2. Расследование причин реальных несчастных случаев в строительстве 5
1.3. Ответы на расследование причин реальных несчастных случаев в строительстве 7
2. БЕЗОПАСНОСТЬ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ 8
2.1. Инженерные решения при устройстве котлованов и траншей 8
2.2. Расчет устойчивости стенки котлована 10
3. УСТОЙЧИВОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КРАНОВ 13
3.1. Общие сведения об устойчивости строительных кранов 13
3.2. Расчет устойчивости строительного башенного крана 13
4. БЕЗОПАСНОСТЬ ТАКЕЛАЖНЫХ РАБОТ 16
4.1. Стальные канаты и их расчет 16
4.2. Гибкие стропы. Расчет гибких строп 16
4.3. Траверсы, расчет конструкции траверс 18
5. ВРЕМЕННАЯ (МОНТАЖНАЯ) УСТОЙЧИВОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 20
5.1. Ветровые нагрузки 20
5.2. Способы обеспечения временной устойчивости строительных конструкций на монтаже 21
5.3. Расчет временной устойчивости колонн, закрепленных расчалками 21
Библиографический список 24

1. РАССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

1.1. Общие положения по расследованию

Расследование и учет несчастных случаев на производстве осуществляются в соответствии с Трудовым кодексом Российской Федерации и Положением об особенностях расследования и учете несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях (далее — Положение), утвержденным Минтрудом России в 2002 году. Расследование инцидентов позволяет решить две главные задачи:

а) выявить причину конкретного несчастного случая, предложить организационно-технические мероприятия по устранению выявленных причин, установить вину должностных лиц и самого потерпевшего;

б) оформить соответствующие документы для выплаты пострадавшему компенсации в рамках Закона об обязательном страховании от несчастных случаев.

Какие инциденты подлежат расследованию? Только те, что произошли с работником при исполнении им трудовых обязанностей в процессе производственной деятельности работодателя или по заданию работодателя, или в интересах работодателя. Действия работника, не подпадающие под указанные условия, не признаются инцидентом на производстве и не подлежат расследованию.

В Положении перечисляются многочисленные события — от производственной травмы до укусов животных и насекомых, которые следует признать как несчастные случаи. Но только в том случае, если они вызвали временную потерю трудоспособности сроком хотя бы на один день или необходимость перевода пострадавшего на другую работу. При наличии легкой травмы, не вызвавшей потери трудоспособности, инцидент не считается несчастным случаем.

Кроме того, травмирующее событие будет признаваться несчастным случаем, если оно произошло:

– в течение рабочего времени и на территории работодателя или на другой территории при выполнении работником трудового задания;

– при следовании на работу (с работы) на транспорте работодателя или на личном транспорте в служебных целях;

– при следовании в командировку (из командировки) на общественном или служебном транспорте.

Если повреждения пострадавшего не соответствуют вышеперечисленным признакам по месту, времени и трудовым обязанностям, то инцидент считается не связанным с производством и не подлежит расследованию.

1.2. Расследование причин реальных несчастных случаев в строительстве

Случай 1.1. При строительстве жилого дома производился монтаж наружных и внутренних стеновых панелей 2-го этажа. Из-за некомплектной поставки железобетонных изделий сварщик Д. сварку закладных деталей с узлами стыка внутренней панели по оси «8» производил самостоятельно изготовленными элементами. Кроме сварки закладных деталей панель других креплений не имела.

Через три дня после монтажа панели, когда в ее зоне находились бригадир К. и работница В., она стала неожиданно падать. Бригадир К. успел спрыгнуть вниз с перекрытия 1-го этажа, а работница В. не успела покинуть опасную зону и получила смертельную травму упавшей панелью. В. от полученных повреждений скончалась, а К. получил легкие телесные повреждения.

Вопросы:

1. Каковы причины произошедшего несчастного случая?
2. Какие положения безопасности труда были нарушены?

Случай 1.2. Звено каменщиков из двух человек В. и Г. вело кирпичную кладку на отметке 46,2 м вблизи вертикального проема вентиляционной шахты размером 3×3 м. Проем был закрыт специальным гофрированным настилом, который обладал несущей способностью 310 кг/м. Из-за стесненных условий на металлическом настиле пришлось размещать раствор и кирпич, которые был поданы снизу аттестованным стропальщиком Д. с помощью крана. После установки каменщиками на настиле емкости с раствором объемом 0,1 $м^3$ и поддона с 150 шт. кирпича они приняли еще один поддон с кирпичем. При размещении его рядом с емкостью для раствора настил деформировался. Каменщик В., решив осмотреть поврежденное место, ступил на настил, который в тот же момент обрушился.

Вопросы:

1. Какие правила безопасности труда были нарушены?

2. Какое количество строительных материалов можно было разместить на металлическом настиле, если плотность раствора $p = 2$ т/$м^3$, масса кирпича 4 кг?

Случай 1.3. При строительстве жилого дома проводились работы по установке стеновых панелей 17 этажа. Работы выполнялись в стесненных условиях из-за наличия перепада высот монтажных горизонтов. Начальником участка Д. был оформлен наряд — допуск на производство работ в этом месте. Панель П. шириной 540 см и массой около 6 т при подаче краном к месту установки раскачивалась и разворачивалась, монтажники Л. и П. пытались вручную удержать панель от раскачивания. Несмотря на это, произошло соударение панели П. с ранее установленной панелью 1, имевшей ширину 200 см и закрепленной одним подкосом. При соударении панелей подкос с плиты 1 был сбит, она получила перемещение с поворотом вокруг вертикальной оси и упала на перекрытие 16 этажа, смертельно травмировав электросварщика М., выполнявшего вспомогательные работы вблизи места установки панелей.

Вопрос. Какие нарушения безопасности труда привели к совершению несчастного случая со смертельным исходом?

Случай 1.4. На территории строящегося детского сада осуществлялась прокладка наружного водопровода. С трудом отыскав люк водопроводного колодца, который был засыпан землей 2 недели тому назад, слесарь-сантехник Н. открыл крышку люка и спустился в колодец. Через некоторое время машинист экскаватора С., видя, что Н. не выходит из колодца, заглянул в него и, обнаружив потерявшего сознание Н., тоже спустился в колодец и одновременно позвал на помощь. Первым подоспел такелажник Б., а затем каменщик К., но, спустившись в колодец, они так же, как Н. и С., потеряли сознание. Подоспевшими другими рабочими все четверо были извлечены из колодца, но спасти удалось только К., остальные скончались.

Вопросы:

1. Что явилось причиной несчастного случая?

2. Какие положения безопасности труда были нарушены?

Случай 1.5. Бригада слесарей-монтажников из 9 человек производила установку несущего монорельса на высоту 7 м. Монорельс массой около 1 т крепился к нижнему поясу ранее поставленных на колонны металлических ферм. Процедура монтажа в общих чертах была разработана начальником участка. Крепление фермы с колонной было выполнено с помощью кондукторов. На верхнем поясе ферм находились свободно лежащие пакеты металлических прогонов весом около 1200 кг. Ветровых и горизонтальных связей между фермами установлено не было.

Подъем монорельса к отметке 7 м осуществлялся с помощью лебедок и вспомогательных блоков, установленных на решетке ферм 1 и 4, в средней части монорельс удерживался в поднятом состоянии автокраном. При этом в решетках ферм возникал опрокидывающий момент из-за натянутого через вспомогательные блоки троса.

В процессе крепления монорельса к нижнему поясу ферм фермы 3 и 4 упали вниз вместе с находившими на них тремя рабочими, а сорвавшийся с верхнего пояса ферм пакет металлических прогонов смертельно травмировал одного из них.

Вопрос. Какие положения безопасности труда были нарушены?

1.3. Ответы на расследование причин реальных несчастных случаев в строительстве

Ответы на случай 1.1

1. Потеря устойчивости панели произошла в результате отсутствия закрепления ее по высоте монтажными подкосами, а также возможно некачественно выполненной сварки закладных деталей панели со стыковочными узлами.

2. Поставка изделий проводилась некомплектно при отсутствии необходимых стальных деталей.

3. Самостоятельно изготовленные сварщиком Д. соединительные элементы не были проверены должностными лицами, а данные о сварочных работах не оформлены актом на освидетельствование скрытых работ.

Ответы на случай 1.2

1. Каменщики не были аттестованы по профессии стропальщик, поэтому они не должны были осуществлять прием грузов на рабочем месте.

2. Инженерно-техническим работником не был проведен инструктаж каменщиков на стесненном рабочем месте вблизи временно закрытого проема вентшахты.

3. Нагрузка от строительных материалов превышала несущую способность гофрированного металлического настила.

Несущая способность настила составляла 310 кг/м · 3 м = 930 кг.

Нагрузка на настил равнялась:

для раствора — 2 т/м^3 · 0,1 м^3 = 200 кг;

для 150 шт. кирпича — 4 кг · 150 шт. = 600 кг, 930 кг – 200 кг = 730 кг,

730 кг : 4 кг = 182 шт. кирпича.

Допустимая нагрузка должна быть: емкость с раствором 200 кг и не более 182 шт. кирпича.

Ответы на случай 1.3

1. В опасной зоне монтажа недопустимо пребывание других работающих, а также посторонних лиц.

2. Панель 1 должна быть закреплена двумя подкосами, а не одним. Их следовало располагать симметрично относительно центра тяжести панели 1.

3. Установка панели П. должна осуществляться с применением специальных гибких оттяжек, удерживающих панель от раскачивания.

Ответы на случай 1.4

1. Отравление рабочих произошло из-за скопившего в колодце токсичного газа сероводорода H_2S, бесцветного, с запахом тухлых яиц. Сероводород тяжелее воздуха, он образуется при гниении органических масс и располагается в грунтовых массах. Вследствие засыпания крышки колодца землей концентрация газа в нем составила повышенную величину.

2. Перед допуском рабочих в места с возможным появлением газа, в том числе в колодцах, шурфах и траншеях, прорабом или мастером эти места должны были быть проверены. Наличие газа фиксируется с помощью переносных газоанализаторов в искробезопасном исполнении, а также индикаторами и шахтерскими лампами.

3. Рабочие в местах с возможным появлением газа должны быть снабжены защитными средствами — противогазами или кислородными изолирующими приборами.

4. Работу в колодцах, где возможно нахождение токсичных газов, следует вести звеном из 2-3 человек, снабженных страховочным канатом. Один из звена спускается в колодец, остальные находятся наверху и контролируют процесс. В случае опасного развития событий рабочие, находящиеся сверху, имеют возможность с помощью страховочного каната провести немедленную эвакуацию пострадавших.

5. Для подобных работ ответственному должностному лицу необходимо провести для звена процедуру оформления наряда-допуска.

Ответы на случай 1.5

1. На монтажную операцию не разрабатывалась технологическая карта, в которой должны были быть приведены схемы строповки груза с указанием последовательности выполнения операций, а также содержаться и другие указания по безопасному выполнению работ. Технологическая карта должна быть рассмотрена и утверждена вышестоящей инженерно-технической экспертизой.

2. Не была осуществлена постоянная связь ферм с колоннами. Монтажный кондуктор является средством временного раскрепления для обеспечения устойчивости, в основном от ветровой нагрузки.

3. Пакет металлических прогонов не был скреплен с верхним поясом ферм, следовательно, элементы не соединялись в единую жесткую систему.

4. Работа на высоте 7 м в неприспособленных условиях относится к особо опасным монтажным работам, требующим специальной подготовки и оформления наряда-допуска.

2. БЕЗОПАСНОСТЬ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

2.1. Инженерные решения при устройстве котлованов и траншей

Безопасность труда при разработке котлованов и траншей реализуется при выполнении требований СНиП 12-04–2002 «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство». Инженерные решения направлены на обеспечение в первую очередь устойчивого состояния стенки земляной выемки, исключающее обрушение грунтовых масс на человека.

Для этого выполняются следующие действия:

1. *Земляная выемка с откосами.* Крутизна выемки с откосами принимается в соответствии с вышеуказанным нормативным документом (табл. 2.1). При глубине выемки более 5 м, а также при глубине менее 5 м в особых гидрогеологических условиях и определенных грунтах или в выемках, разрабатываемых в зимнее время при наступлении оттепели, крутизну откоса должны устанавливать особым расчетом и указывать в проекте производства работ.

Таблица 2.1

Нормативная допустимая крутизна откосов при глубине выемки не более 5 м

№ п/п	Виды грунтов	Крутизна откоса (отношение его высоты к заложению) при глубине выемки, м, не более		
		1,5	3,0	5,0
1	Насыпные неслежавшиеся	1:0,67	1:1	1:1,25
2	Песчаные	1:0,5	1:1	1:1
3	Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
4	Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
5	Глина	1:0	1:0,25	1:0,5
6	Лессовые	1:0	1:0,5	1:0,5

Если в процессе производства земляных работ грунтовые массы подверглись увлажнению и появились признаки возможного обрушения, по распоряжению руководителя работы на дне выемки должно быть временно приостановлено и произведено искусственное обрушение грунта. Также рекомендуется понизить крутизну откоса.

2. *Земляная выемка с вертикальными стенками без крепления*. При производстве работ нахождение работников в выемках с вертикальными стенками без крепления в песчаных, пылевато-глинистых и талых грунтах допускается на глубине не более:

– в насыпных и природного сложения песчаных грунтах — 1,0 м;

– в супесях — 1,25 м;

– в суглинках и глинах — 1,5 м.

Для мерзлых грунтов, кроме сыпучемерзлых, при среднесуточной температуре минус 2 градуса допускается увеличение указанной глубины выемок на величину глубины промерзания грунта, но не более чем на 2 м.

В общем случае максимальная величина вертикальной выемки рассчитывается по формуле

$$H_{крит} = 2c / \gamma.$$

Критическая высота выемки зависит от силы сцепления грунта c и удельной массы грунта γ.

При разработке на большую глубину необходимо устраивать крепление вертикальной стенки.

3. *Земляная выемка с укрепленными вертикальными стенками*. Крепление стенки выемки должно воспринимать активное давление грунта и тем самым обеспечивать устойчивость грунта. Крепления вертикальных стенок по конструктивному решению делятся на распорные, анкерные, подкосные и шпунтовые (рис. 2.1). Как правило, это вертикальные стойки и забирка из щитов или досок. Шпунтовое крепление выполняют из металлических или железобетонных элементов. При установке креплений верхняя часть их должна выступать над бровкой выемки не менее чем на 15 см.

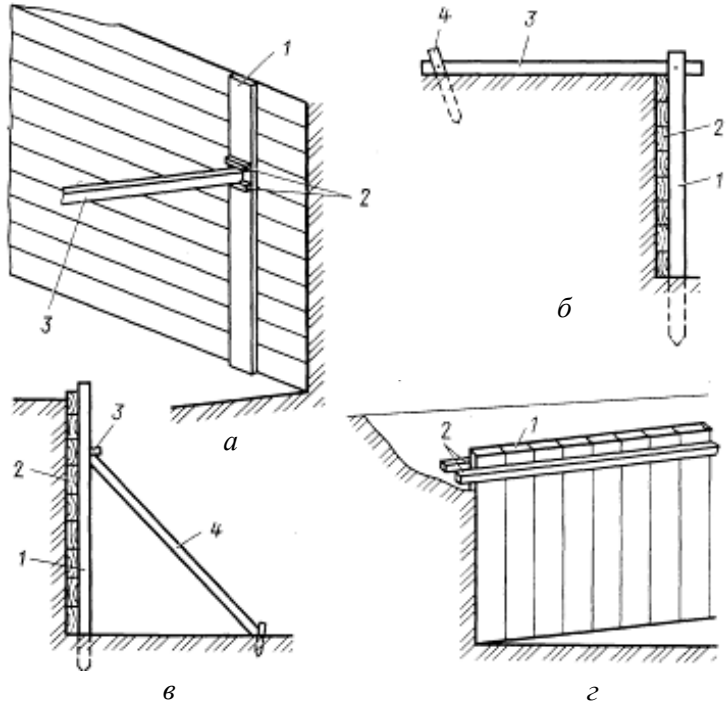

Рис. 2.1. Конструкции крепления грунта:
а — крепление распорное: *1* — стойка; *2* — бобышки; *3* — распорка;
б — крепление анкерное: *1* — стойка; *2* — крепежные доски; *3* — стяжка; *4* — анкер;
в — крепление подкосное: *1* — стойка; *2* — крепежные доски; *3* — бобышки; *4* — подкос;
г — крепление шпунтовое: *1* — деревянный шпунт; *2* — прогоны

При рытье котлованов и траншей в местах движения людей необходимо устанавливать сплошное ограждение высотой 1,2 м с системой освещения. В местах перехода рабочих через траншеи устраивают переходные мостики шириной не менее 0,6 м с перилами на высоте 1,1 м. Для спуска в траншеи и котлованы используются лестницы шириной не менее 0,6 м с перилами.

2.2. Расчет устойчивости стенки котлована

Устойчивость стенки котлована проводят в тех случаях, когда глубина земляной выемки превышает 5 м или имеют место сложные гидрогеологические условия. При глубинах до 5 м выбор крутизны уступа принимают по СНиП 12-04–2002.

Большинство существующих методов расчета устойчивости откосов основывается на рассмотрении предельного равновесия грунта, при котором даже незначительное изменение объемных или поверхностных сил приводит к его потере цельности массива. Одним из используемых методик расчета является построение кривой равноустойчивого откоса по приближенному методу профессора Н.Н. Маслова, известному под названием *метода равнопрочного откоса*. Согласно указанному методу во всех случаях устойчивый откос должен иметь профиль переменной крутизны, понижающий с глубиной выемки.

Методика Н.Н. Маслова при определении профиля равноустойчивого откоса позволяет учесть изменение характеристик грунта в его отдельных слоях, а также наличие дополнительной распределенной нагрузки на берму котлована. При расчете крутизну профиля откоса устанавливают отдельно для каждого слоя высотой 1-2 м, которые соответственно привязаны к естественному содержанию слоев в данном грунте. Некоторые характеристики грунта представлены в табл. 2.2 и 2.3.

Таблица 2.2

Некоторые характеристики глинистых грунтов

Грунт	Супесь	Суглинок	Глина
c, кПа	3–15	12–39	29–81
φ, градус	21–30	12–26	7–21

Таблица 2.3

Некоторые характеристики песчаных грунтов

Песчаный грунт	Гравелистый и крупный	Средней крупности	Мелкий	Пылеватый
c, кПа	1–2	1–3	2–6	2–8
φ, градус	38–43	35–45	28–38	26–36

Построение равнопрочного откоса по Н.Н. Маслову осуществляется графическим методом. Строят равноустойчивый откос, начиная с нижней точки от подошвы котлована. Расчетные формулы равноустойчивого откоса с переменной крутизной профиля учитывают два состояния бермы откоса — при наличии внешней нагрузки от строительных машин или конструкций и при отсутствии такой нагрузки.

А. Для общего случая при наличии нагруженной бермы:

$$x_i = 1 / \gamma \mathrm{tg}^2\varphi \, (A + c \ln B / A + B),$$

где x_i — горизонтальная координата земляной выемки, м (рис. 2.2);

γ — объемная масса грунта, т/м^3;

φ — угол внутреннего трения грунта, градус;

A — показатель давления грунта, $A = \gamma z_i \mathrm{tg}\varphi$, кПа;

z_i — вертикальная координата земляной выемки, м (рис. 2.2);

B — показатель давления грунта от нагрузки на берму выемки:

$$B = \rho_o \operatorname{tg}\varphi + c,$$

где ρ_o — величина нагрузки на берму земляной выемки, кПа;

c — удельное сцепление грунта, кПа.

Б. Для частного случая ненагруженной бермы:

$$x_i = 1 / \gamma \operatorname{tg}^2 \varphi \, (A + c\ln c / A + c).$$

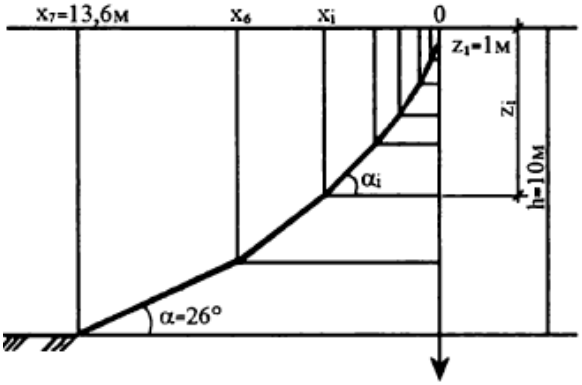

Рис. 2.2. Схема построения профиля равноустойчивого откоса по методу профессора Н.Н. Маслова

Задание 2.1. Рассчитать профиль равноустойчивого откоса выемки глубиной 10 м, свободного от дополнительной нагрузки бермы. Грунт глинистый с характеристиками: плотность грунта γ = 2 т/м^3, удельное сцепление грунта c = 40 кПа, угол внутреннего трения φ = 15°. Расчет ведется по программе, заданной формой табл. 2.4.

Решение. Построение равнопрочного откоса осуществляется графическим методом.

1. Выбираем семь расчетных слоев, задаваясь их вертикальной координатой z_i (см. рис. 2.2).

Таблица 2.4

Вычисление профиля равноустойчивого откоса по методике профессора Н.Н. Маслова

Номер слоя	z_i, м	γz_i, тм^2	tgφ	$\gamma z_i \operatorname{tg}^2\varphi$, тм^2	$1 / \gamma \operatorname{tg}^2\varphi$, м^{3}т	A ($\gamma z_i \operatorname{tg}\varphi$), кПа
1	1,0	2,0	0,27	0,15	6,86	5,4
2	2,0	4,0	0,27	0,3	6,86	10,8
3	3,0	6,0	0,27	0,44	6,86	16,2
4	4,0	8,0	0,27	0,58	6,86	21,6
5	5,0	12,0	0,27	0,87	6,86	32,4
6	6,0	16,0	0,27	1,17	6,86	43,2
7	7,0	20,0	0,27	1,5	6,86	55,4
1	45,4	0,88	–0,128	0,28	0,2	79,0
2	50,8	0,78	–0,248	0,88	0,8	59,0
3	56,2	0,71	–0,342	2,52	1,8	45,0
4	61,6	0,65	–0,431	4,46	2,9	42,0
5	72,4	0,55	–0,598	8,48	5,9	34,0
6	83,2	0,48	–0,734	13,84	9,5	29,0
7	95,4	0,43	–0,844	20,24	13,6	26,0

2. Для каждого слоя вычисляем по формулам расчетные координаты профиля, которые заносим в табл. 2.4.

3. По данным вычислений строим профиль равноустойчивого откоса (см. рис. 2.2). Кривую строим, начиная с нижней точки.

Таким образом, равноустойчивый откос имеет криволинейную форму и переменную величину. Крутизна профиля понижается от 1,0:0,2 для первого слоя у поверхности бровки до 1,0:1,36 у основания выемки в седьмом слое.

Задание 2.2. Определить профиль равноустойчивого откоса выемки глубиной 10 м в условиях дополнительной нагрузки на берму. Величина дополнительной нагрузки на берму ρ_o = 20 кПа. Грунт суглинок с характеристиками: плотность грунта γ = 2 т/м^3, удельное сцепление грунта c = 30 кПа, угол внутреннего трения φ = 20°.

Задание 2.3. Рассчитать параметры устойчивого откоса выемки глубиной 8 м в условиях отсутствия дополнительной нагрузки на берму. Грунт песчаный средней крупности с характеристиками: плотность грунта γ = 1,8 т/м^3, удельное сцепление грунта c = 3,0 кПа, угол внутреннего трения φ = 40°.

Задание 2.4. Требуется определить положение границы опасной зоны на берме выемки глубиной 5,0 м в суглинистых грунтах.

Решение. Опасная зона на берме земляной выемки определяется как расстояние от подошвы котлована до ближайшей точки опирания строительной машины либо строительной конструкции. В результате действия внешней нагрузки на берму проявляется призма обрушения и откос выемки может потерять устойчивость и обрушиться.

1. Границу опасной зоны относительно подошвы выемки при наличии пригруза на берму при глубине выемки до 5 м принимается по табл. 2.5. В соответствии с табл. 2.5 наименьшее допустимое приближение к подошве незакрепленного откоса, в котором учитывается дополнительная пригрузка бермы массой строительной машины или строительной конструкции, составляет $l_н$ = 4,75 м.

2. Положение границы опасной зоны относительно подошвы выемки в случае отсутствия пригрузки бермы можно определить по формуле

$$l_н = 1{,}2h\alpha,$$

где h — глубина выемки, м;

α — нормативная крутизна откоса по табл. 2.1, для суглинков α = 0,75;

$$l_н = 1{,}2 \cdot 5 \cdot 0{,}75 = 4{,}5 \text{ м}.$$

Таблица 2.5

Наименьшее допустимое расстояние до подошвы выемки (СНиП 12-04-2002)

Глубина выемки, м	Наименьшее допустимое расстояние для ненасыпного грунта $l_н$, м			
	песчаного	супесчаного	суглинистого	глинистого
1	1,5	1,25	1,0	1,0
2	3,0	2,4	2,0	1,5
3	4,0	3,6	3,25	1,75
4	5,0	4,4	4,0	3,0
5	6,0	5,3	4,75	3,5

3. УСТОЙЧИВОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КРАНОВ

3.1. Общие сведения об устойчивости строительных кранов

Одной из частых причин травматизма при эксплуатации грузоподъемных строительных кранов является потеря ими устойчивости в виде опрокидывания. Кран без груза на крюке устойчив, пока сила тяжести, действующая из его центра тяжести, не выходит за пределы опорного контура.

Опрокидывание крана может происходить в сторону груза при его подъеме или перемещении, что означает потерю краном грузовой устойчивости, а может происходить в сторону противовеса, когда кран находится в нерабочем состоянии без груза на крюке. Такой инцидент означает потерю краном собственной устойчивости (рис. 3.1). Кроме того, возможно опрокидывание крана в результате внезапного снятия нагрузки при обрыве груза. В этом случае кран теряет устойчивость в сторону противовеса.

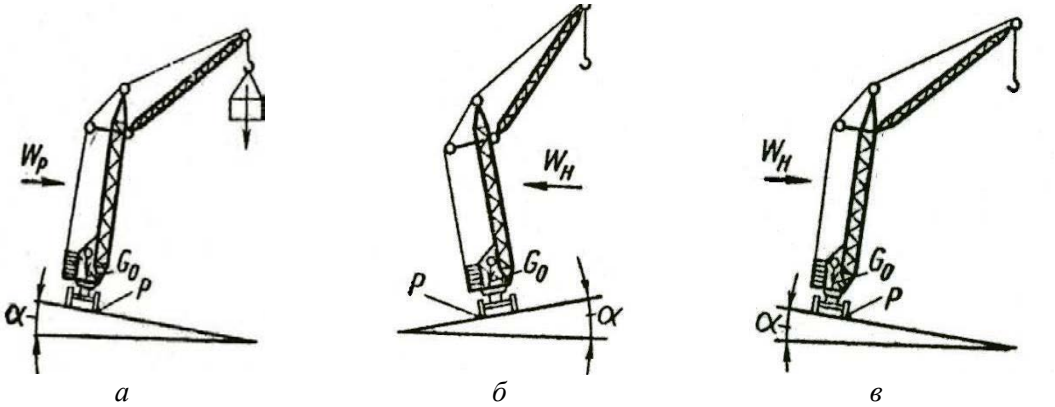

Рис. 3.1. Схемы возможного опрокидывания строительного крана:
а — в рабочем состоянии, потеря грузовой устойчивости;
б, *в* — в нерабочем состоянии, потеря собственной устойчивости

На кран в рабочем состоянии действуют три вида нагрузок, которые могут вызвать его опрокидывание:

1) основная нагрузка — это масса поднимаемого груза;

2) динамические нагрузки, они возникают при начале и окончании любого движения стрелы, тележки или крюка крана;

3) дополнительные нагрузки — это действие ветровой нагрузки, инерции груза, силы от уклона пути и другие составляющие. Величина дополнительных нагрузок может быстро изменяться, например при резком усилении ветра или при неожиданном изменении уклона пути вследствие просадки грунта. Естественно, что это создает некую сложность в оценке устойчивости крана.

3.2. Расчет устойчивости строительного башенного крана

Устойчивость крана оценивают для наиболее неблагоприятных условий его работы (см. рис. 3.1). Расчет крана на устойчивость состоит в определении коэффициентов устойчивости для работающего и неработающего крана, которые равны отношению моментов всех сил, действующих на конструкцию механизма, относительно точки или ребра опрокидывания. Устойчивость обеспечена, если отношение момента сил, удерживающего кран в вертикальном положении, к моменту всех сил, вызывающих опрокидывание кран, будет больше или равно коэффициенту соответственно грузовой или собственной устойчивости. Момент удерживающий слагается из массы самого крана и массы противовеса, момент опрокидывающий учитывает основные, динамические и дополнительные нагрузки на конструкцию крана.

Нормами Ростехнадзора установлены допустимые значения коэффициентов грузовой и собственной устойчивостей строительных кранов. Проверка грузовой устойчивости проводится по двум значениям коэффициента в зависимости от набора внешних нагрузок:

$К_{гр.ус}$ = 1,15 при учете основных, динамических и дополнительных нагрузок;

$К_{гр.ус}$ = 1,4 при учете основных и динамических нагрузок.

Допустимый коэффициент собственной устойчивости $К_{с.уст}$ = 1,15, он рассчитывается с учетом только дополнительных нагрузок.

Задание 3.1. Проверить грузовую устойчивость башенного крана КБ-302 с учетом дополнительных нагрузок на кран при подъеме груза весом Q = 10 кН.

Исходные данные:

G = 200 кН — вес крана с противовесом;

c = 0,26 м — расстояние от оси вращения крана до его центра тяжести;

v = 0,5 м/с — скорость подъема груза. При опускании груза скорость принимается равной 1,5 м/с;

t = 5 с — время торможения груза;

W_1 = 100 Па — ветровая нагрузка на наветренную площадь крана;

W_2 = 50 Па — ветровая нагрузка на наветренную площадь груза;

p = 10 м — расстояние от опорного контура крана до центра приложения ветровой нагрузки на наветренную площадь крана;

p_1 = 20 м — расстояние от опорного контура крана до центра приложения наветренной площади груза;

n = 0,2 мин$^{-1}$ — частота вращения крана вокруг вертикальной оси;

h = 20 м — расстояние от оголовка стрелы до опорного контура крана;

H = 20 м — расстояние от оголовка стрелы до центра тяжести груза, приподнятого над землей на высоту 20–30 см;

α = 2° — угол наклона пути крана;

b = 1,75 м — расстояние от оси вращения крана до ребра опрокидывания;

a = 20 м — расстояние от оси вращения крана до центра тяжести наибольшего рабочего груза, подвешенного к крюку;

h_1 = 10 м — расстояние от центра тяжести крана до опорного контура крана.

Решение. Грузовая устойчивость самоходного крана обеспечивается при условии

$$\frac{М_п}{М_г} \geq К_{уст},$$

где $М_п$ — удерживающий момент, кН · м;

$М_г$ — опрокидывающий момент от действия рабочего груза относительно ребра опрокидывания, кН · м;

$К_{уст}$ — коэффициент грузовой устойчивости, с учетом дополнительных нагрузок равен 1,15.

1. Определяем опрокидывающий момент, кН · м:

$$М_г = Q\,(a - b) = 10\,(20 - 1{,}75) = 182{,}5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2. Вычисляем восстанавливающий момент от действия собственного веса крана, кН · м:

$$М_в = G\,(b + c)\cos\alpha = 200\,(1{,}75 + 0{,}26)\,1{,}0 = 402 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

3. Находим момент, возникающий от действия собственного веса крана при уклоне пути, кН · м:

$$М_{ук} = G\,h_1 \cdot \sin\alpha = 200 \cdot 10 \cdot 0{,}035 = 70{,}0 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Угол наклона пути крана для башенных кранов принимается α = 2 при работе на временных путях.

4. Определяем момент от действия центробежных сил, кН · м:

$$М_{ц.с} = \frac{Q\,n^2 a\,h}{900 - n^2 H} = \frac{10 \cdot 0{,}2^2 \cdot 20 \cdot 20}{900 - 0{,}2^2 \cdot 20} = 0{,}17 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

5. Вычисляем момент от силы инерции при торможении спускающего груза, кН · м:

$$М_{ц} = \frac{Q\,V\,(a-b)}{gt} = \frac{10 \cdot 0{,}5\,(20 - 1{,}75)}{9{,}81 \cdot 5} = 1{,}86 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где g = 9,81 м/с — ускорение свободного падения.

6. Находим момент от ветровой нагрузки на конструкцию крана и на груз, кН · м:

$$М_{вт} = W_1 h_1 + W_2\,\rho_1 = 0{,}1 \cdot 10 + 0{,}05 \cdot 20 = 2{,}0 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

7. Определяем удерживающий момент, возникающий от действия основных и дополнительных нагрузок, кН · м:

$$М_{п} = М_{в} - М_{ук} - М_{у.с} - М_{у} - М_{вт} = 402{,}0 - 70{,}0 - 0{,}17 - 1{,}86 - 2{,}0 = 328 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

8. Вычисляем коэффициент грузовой устойчивости крана, не предназначенного для перемещения с грузом:

$$К_{гр.ус} = \frac{М_{п}}{М_{г}} = \frac{328{,}0}{182{,}5} = 1{,}8 > К^{доп}_{гр.ус} = 1{,}15.$$

Рассчитанный коэффициент грузовой устойчивости на 56,5 % превысил величину нормативного значения, следовательно, грузовая устойчивость крана обеспечена.

Задание 3.2. Проверить собственную устойчивость башенного крана КБ-302 при возможном опрокидывании крана в сторону противовеса (см. рис. 3.1). Ветровая нагрузка на подветренную площадь крана при нерабочем состоянии крана W_3 = 100 Па, расстояние от опорного контура до центра приложения ветровой нагрузки ρ_2 = 10 м. Для других исходных данных использовать информацию из задания 3.1.

Решение. Коэффициент собственной устойчивости рассчитывается по формуле

$$К_{с.уст} = G\left[(b + c)\cos\alpha - h_1 \cdot \sin\alpha\right] / (W_3 \cdot \rho_2).$$

Задание 3.3. Определить величину максимального груза Q, при котором будет сохраняться грузовая устойчивость башенного крана КБ-302. Исходные данные принять из задания 3.1.

Решение. Формула расчета коэффициента грузовой устойчивости башенного крана трансформируется под определения Q_{max}:

$$Q_{max} = \frac{G[(b + c)\cos\alpha - h_1 \cdot \sin\alpha] - W_1\,h_1 - W_2\,\rho_1}{\left[K^{доп}_{гр.ус} + \left[\dfrac{n^2\,a\;h}{900 - n^2 \cdot H}\right] + \dfrac{V}{gt}\right](a - b)} \text{ кН}.$$

4. БЕЗОПАСНОСТЬ ТАКЕЛАЖНЫХ РАБОТ

К такелажным работам относятся технологические операции по строповке и перемещению различных грузов, выполняемых с помощью грузоподъемных механизмов и такелажных приспособлений. К такелажным приспособлениям относятся:

– канаты разного типа, в основном стальные;

– грузозахватные устройства — это гибкие стропы и траверсы (жесткие стропы);

– грузоподъемные устройства — это монтажные мачты и стрелы.

4.1. Стальные канаты и их расчет

Канаты бывают пеньковые, капроновые и стальные. Стальные канаты изготавливают из определенного количества проволок, как правило, диаметром 0,1…2,0 мм, перевитых между собой и образующих элемент каната прядь. Несколько прядей, также перевитых между собой и расположенных на центральном пеньковом сердечнике, образуют собственно канат. Временное сопротивление разрыву проволок изменяется в широком диапазоне 1370…216 052 Н/мм^2. На практике применяют значения 1570…1860 Н/мм^2.

Для монтажных работ чаще используют стальные канаты, состоящие из шести прядей с числом проволок в каждой 19, 37, 61 и пенькового сердечника. Чем больше число проволок в пряди, тем канат обладает большей гибкостью, а значит, более удобен и безопасен в эксплуатации. Поэтому канаты с числом проволок в пряди, равным 19 (более жесткие), применяют для изготовления вант и оттяжек, а с числом проволок в пряди, равным 37 и более, — для изготовления грузоподъемных устройств.

Подбор каната для монтажных работ выбирают по типу каната и его диаметру с учетом коэффициента запаса прочности k, установленного нормами. Наименьший допускаемый коэффициент запаса прочности канатов для подъемных механизмов и приспособлений составляет: для кранов, лебедок, мачт, полиспастов и других механизмов с приводом ручным — 4; с приводом машинным — 5-6; для строп — 6; для вант и мачт — 3,5.

Задание 4.1. Определить диаметр каната типа ТК 6×37 для строповки груза величиной Q = 20 кН.

Решение. Рассчитаем разрывное усилие в канате с учетом коэффициента запаса прочности:

$$S = kQ = 6 \cdot 20 = 120 \text{ кН}.$$

Принимаем значение предела прочности проволок каната равным 1770 Н/мм^2. По таблице ГОСТ 3071–88 в графе с пределом прочности проволок 1770 Н/мм^2 находим разрывное усилие каната, ближайшее к большему расчетному. Ближайшее большее разрывное усилие равно 124 кН, им обладает канат диаметром 13,5 мм.

4.2. Гибкие стропы. Расчет гибких строп

Гибкие стропы являются наиболее массовыми грузозахватными устройствами, в них используются гибкие стальные канаты или стальные цепи с количеством ветвей от одной до четырех (рис. 4.1). При монтаже обычно пользуются стропами в две или четыре ветви, при этом стремятся применить строп с меньшим количеством ветвей за счет увеличения диаметра каната.

Безопасность эксплуатации грузозахватного устройства обеспечивается расчетом необходимого диаметра каната, который будет способен воспринять усилие S в одной ветви стропа (см. рис. 4.1):

$$S = Q / m \cos \alpha,$$

где Q — масса поднимаемого груза, кН;

m — число ветвей стропа.

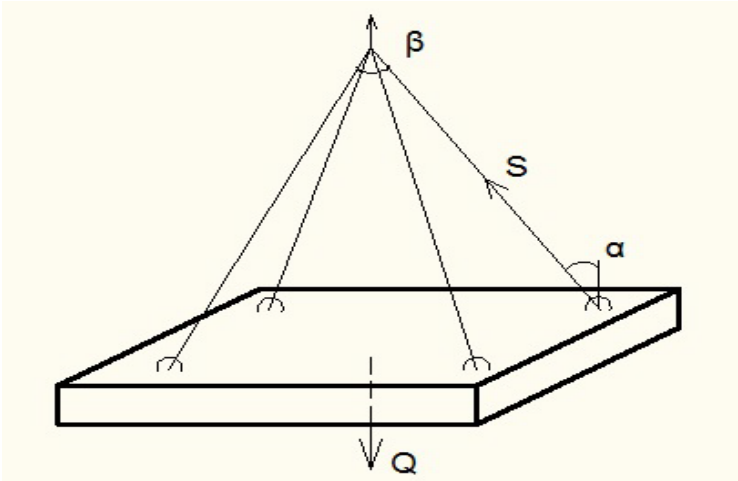

Рис. 4.1. Четырехветвевой гибкий строп

При наклонном положении стропа его грузоподъемность снижается, так как с увеличением угла α снижается cos α, а следовательно, усилие *S* возрастает, что может привести к обрыву ветви или вырыву монтажной петли. Поэтому существует рекомендация Ростехнадзора ограничивать угол между ветвями стропа 60–90° (рис. 4.2).

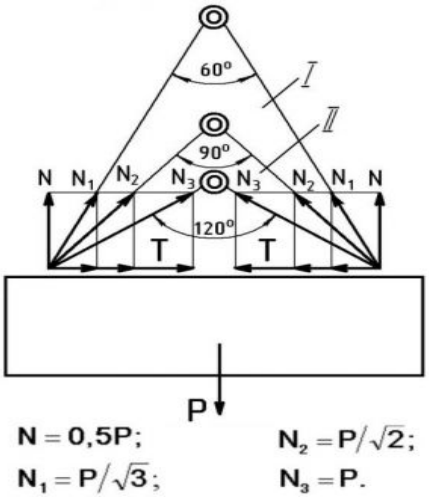

Рис. 4.2. Схема распределения нагрузок на ветви стропа:
I — рекомендуемая зона строповки груза;
II — нерекомендуемая зона захвата груза

Задание 4.2. Определить диаметр каната ЛК-РО (ГОСТ 7668–80) для строповки груза величиной Q = 80 кН, если известно, что число ветвей стропа m = 4 и что ветви стропа расположены под углом α = 30° к вертикали.

Решение. Определяем усилие S в ветви стропа по формуле

$$S = n\frac{Q}{m\,d} = 1{,}15\frac{75}{4 \cdot 0{,}75} = 28{,}8 \text{ кН},$$

где n — коэффициент, зависящий от угла наклона стропа (табл. 4.1);

m — число ветвей стропа;

d — расчетный коэффициент неравномерности нагрузки на ветви стропа, зависит от количества ветвей стропа (табл. 4.2).

Принимаем коэффициент запаса прочности стропа k = 6. Разрывное усилие в канате:

$$R = k\,S = 6 \cdot 28{,}8 = 172{,}8 \text{ кН}.$$

Таблица 4.1

Величина коэффициента *n* в зависимости от угла наклона ветви стропа

Угол наклона ветви стропа к вертикали, градус	0	20	30	40	45	50	60
n	1,0	1,06	1,15	1,31	1,42	1,56	2,0

Таблица 4.2

Величина коэффициента неравномерности нагрузки на ветви стропа

Число ветвей стропа	$m = 1$	$m = 2$	$m = 3 – 8$
Коэффициент неравномерности нагрузки	$d = 1$	$d = 1$	$d = 0,75$

Выбираем значение предела прочности проволок каната — 1770 Н/мм^2.

По таблице ГОСТ 7668–80 подбираем ближайшее значение разрывного усилия. Это 175,5 кН, диаметр каната 18,0 мм.

4.3. Траверсы, расчет конструкции траверс

Траверсы или жесткие стропы предназначены для подъема длинномерных, преднапряженных, пространственных и других конструкций и грузов, для перемещения которых не рекомендуется использовать гибкие стропы. При использовании траверс за счет множества точек подвески монтажные усилия в конструкции от собственного веса не достигают опасных значений.

По конструктивному решению траверсы бывают в виде металлической фермы, но наибольшее применение нашли балочные траверсы, изготавливаемые из металлопроката профилей — швеллер, двутавр, профильная труба либо в виде их составных сечений (рис. 4.3).

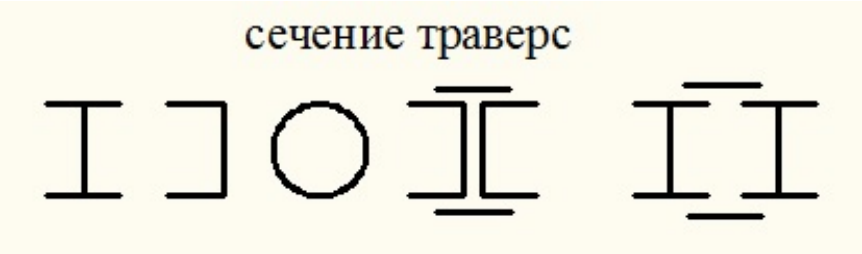

Рис. 4.3. Сечение балочных траверс

По характеру возникающих в сечении траверс усилий они разделяются на «работающие на изгиб» и на «работающие на сжатие» (рис. 4.4 и 4.5). Безопасность эксплуатации траверс на изгиб и на сжатие определяются их возможностями по грузоподъемности. В траверсе, работающей на изгиб, критичным элементом является сечение балки, воспринимающее изгибающие усилия от поднимаемого груза. Для траверсы на сжатие критичным элементом является сечение одной ветви каната для восприятия разрывного усилия *S*.

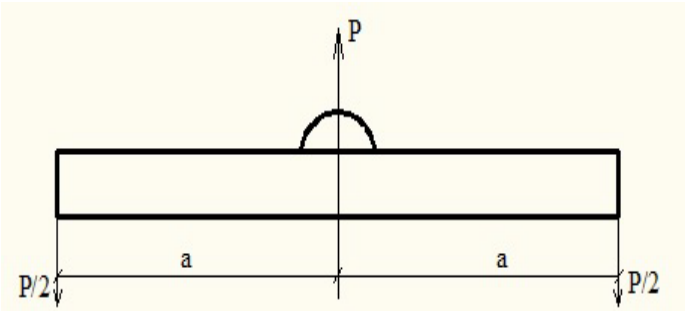

Рис. 4.4. Расчетная схема траверсы, работающей на изгиб

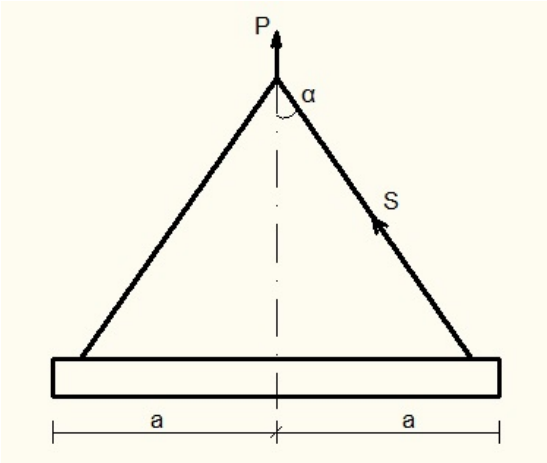

Рис. 4.5. Расчетная схема траверсы, работающей на сжатие

Задание 4.3. Подобрать сечение балки траверсы, работающей на изгиб, для подъема ригеля весом P = 80 кН с расстоянием между подвесками 5,8 м (рис. 4.4).

Решение. Определяем максимальный изгибающий момент в траверсе по формуле

$$М_{изг} = 1{,}1\ К_д\ \frac{P\,a}{2} = 1{,}1\ \frac{80 \cdot 290}{2} = 15\ 312\ кН,$$

где 1,1 — коэффициент перегрузки;

$К_д$ — коэффициент динамичности нагрузки, равный 1,2;

a — плечо траверсы, см.

Момент сопротивления сечения траверсы составит

$$W_{тр} = \frac{М_{изг}}{m\,R_{изг}\,\varphi} = \frac{15\ 312}{0{,}85 \cdot 21 \cdot 0{,}9} = 953{,}1\ см^3,$$

где m — коэффициент условий работы, m = 0,85;

$R_{изг}$ — расчетное сопротивление стали при изгибе, равный 21 кН/см^2;

φ — коэффициент устойчивости при изгибе, равный 0,9.

По ГОСТ 8240–97 выбираем конструкцию балочной траверсы, состоящую из двух швеллеров № 33 с W = 484 см^3. Составное сечение имеет момент сопротивления $2W = 2 \cdot 484 = 968^3$, что удовлетворяет условию прочности расчетного сечения траверсы.

Задание 4.4. Рассчитать на прочность траверсу, работающую на сжатие, для подъема балки весом P = 90 кН, длина траверсы — 5 м, угол α = 45° (см. рис. 4.5).

Решение. Находим натяжение в каждой тяге, соединяющей траверсу с крюком грузоподъемного механизма:

$$S = P\ /\ m \cos\alpha = 80\ /\ 2 \cdot 0{,}707 = 56{,}6\ кН,$$

где P — масса груза, кН;

m — число ветвей стропа траверсы.

С учетом коэффициента запаса прочности k = 6 определяем разрывное усилие в одной тяге:

$$R = S\,k\ /\ 2 = 56{,}6 \cdot 6\ /\ 2 = 169{,}8\ кН.$$

По ГОСТ 7668–80 подбираем канат со следующей характеристикой:

разрывное усилие — 175,5 кН;

временное сопротивление разрыву — 1770 МПа;

диаметр каната — 18 мм.

5. ВРЕМЕННАЯ (МОНТАЖНАЯ) УСТОЙЧИВОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

При проведении монтажа конструктивных элементов зданий и сооружений возникает необходимость выполнения контрольных процедур, связанных с выверкой ее нахождения в проектном положении. Для этого конструкцию временно раскрепляют для обеспечения устойчивости от воздействия ветровой нагрузки. Стадия временной или монтажной устойчивости занимает непродолжительное время, однако она оказывает существенное влияние на безопасность монтажных работ.

5.1. Ветровые нагрузки

Информация о ветровых нагрузках представлена в СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия». В соответствии с ним нормативное значение основной ветровой нагрузки w следует определять как сумму средней w_m и пульсационной w_p составляющих:

$$w = w_m + w_p.$$

Для зданий высотой до 40 м, а также и в некоторых других случаях пульсационную составляющую разрешается не учитывать.

Нормативное значение средней составляющей основной ветровой нагрузки w_m в зависимости от эквивалентной высоты $Z_в$ над поверхностью земли следует определять по формуле

$$w_m = w_0 \; k_{Z_e} \, c,$$

где w_0 — нормативное значение ветрового давления, Па;

k_{Z_e} — коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления для высоты Z_e;

c — аэродинамический коэффициент, определяется как лобовое сопротивление конструкции ветровой нагрузки, приблизительно равное 1,4.

Нормативное значение ветрового давления w_0 принимается в зависимости от ветрового района по табл. 5.1

Таблица 5.1

Ветровое давление для ветровых районов России

Ветровые районы России	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
w_0, кПа	0,17	0,23	0,30	0,38	0,48	0,60	0,73	0,8

Коэффициент k_{Z_e} для высот $Z_e \leq 300$ м определяется по табл. 5.2, в которой принимаются следующие типы местности:

Таблица 5.2

Изменение ветрового давления в зависимости от высоты Z_e

Высота Z_e, м	Коэффициент k для типов местности		
	A	*B*	*C*
≤ 5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15

A — открытые побережья морей, озер и водохранилищ, сельские местности, в том числе с постройками высотой менее 10 м, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

B — городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

C — городские районы с плотной застройкой зданиями высотой более 25 м.

5.2. Способы обеспечения временной устойчивости строительных конструкций на монтаже

При монтаже стальных и железобетонных конструкций используют приспособления, позволяющие временно удерживать установленный на место элемент и регулировать его положение при выверке и приведении в проектное положение. Наиболее часто применяют следующие устройства:

1. *Расчалки.* Они представляют собой гибкие монтажные приспособления из стальных, как правило, канатов, работающих только на растяжение. Расчалки ставят парами симметрично с обеих сторон конструкции, располагая их под одним углом наклона в плане и к горизонтальной плоскости.

2. *Подкосы*. Это наиболее универсальные и широко применяемые приспособления для временного закрепления и выверки панелей стен, перегородок, колонн высотой до 12 м. Подкосы имеют телескопическую конструкцию, что обеспечивает изменение их длины.

3. *Распорки*, как и подкосы, также являются жесткими монтажными приспособлениями. По основным конструктивным элементам они аналогичны подкосам и также обычно имеют телескопические элементы, позволяющие удлинять средство временного закрепления. Распорки ставят между смонтированными и устанавливаемыми конструкциями, например между соседними фермами, панелями перегородок (стен).

4. *Кондукторы* представляют собой универсальные каркасные приспособления пространственного типа. Их устанавливают на фундаментах или других конструкциях и временно прикрепляют к ним.

Средства временного раскрепления конструктивных элементов применяют как в индивидуальном порядке, что более удобно, реже в качестве коллективной монтажной оснастки. Рассмотрим способы обеспечения временной устойчивости на примере монтируемой колонны и фермы.

Колонна. Ее раскрепление происходит в месте ее опирания на фундамент с помощью кондукторов или клиньев, для колонн выше 10–12 м устойчивость следует обеспечивать также гибкими расчалками. Расчалки крепятся к колонне до того, как она будет поднята и установлена в проектное положение. Крепление расчалок выполняется в верхней части колонны с помощью хомутов, они устанавливаются выше центра ее тяжести. Для обеспечения пространственной устойчивости элемент нужно закреплять не менее чем тремя расчалками, а для исключения потери устойчивости конструкций в плоскости — двумя расчалками. Нижняя часть расчалок крепится к якорям или элементам фундамента, расположенных неподалеку.

Стропильные фермы и балки. После подъема, установки и выверки первую ферму или балку раскрепляют парными расчалками, углы наклона расчалок к горизонту и к плоскости расчаливания составляют не более 45°. Расчалки прикрепляют к якорям или к ранее смонтированным конструкциям. Последующие фермы или балки крепят специальными распорками из расчета не менее двух приспособлений для ферм пролетом 24–30 м.

Стадия монтажных работ, связанная с обеспечением временной устойчивости, имеет свои ограничения по времени – закрепление по временной схеме не должно превышать 8 ч.

5.3. Расчет временной устойчивости колонн, закрепленных расчалками

Монтажную устойчивость колонн, закрепленных расчалками, определяют на действие ветровой нагрузки при строго вертикальном положении самой колонны. Для простоты расчета при этом не учитывается влияние временного закрепления колонн в фундаментах. Уравнение устойчивости колонны имеет вид

$$k_з \, M_о \leq M_у + Sr,$$

где $k_з$ — коэффициент запаса, $k_з = 1{,}4$;

$M_о$ — опрокидывающий момент от действия ветра;

$M_у$ — удерживающий момент, создаваемый массой колонны;

S — усилие в расчалке;

r — плечо усилия S.

Опрокидывающий момент определяется из условия наиболее невыгодного направления ветра в плоскости одной из расчалок:

$$M_о = w_1(h_1 / 2) + w_2(h_1 + h_2 / 2),$$

где w_1 и w_2 — давление ветра;

h_1 — высота действия ветровой нагрузки;

h_2 — то же, от уровня более 10 м над поверхностью земли.

Давление ветра:

$$w_1 = \upsilon c d h_1,$$

где υ — расчетный ветровой напор на высоте $h_1 \leq 10$ м;

c — аэродинамический коэффициент;

d — ширина грузовой площадки, нормальной к направлению ветра, $d = (a + b) \cos \alpha$.

Давление ветра:

$$w_2 = \upsilon_р c d h_2,$$

где $\upsilon_р$ — расчетный ветровой напор на высоте более 10 м, $\upsilon_р = 1{,}35\ \upsilon$.

Удерживающий момент от собственной массы колонны относительно точки опрокидывания:

$$M_у = m_к\, a_1 = m_к \sqrt{a^2} / 4 + b^2 / 4 = m_к \sqrt{a^2} + b^2 / 2,$$

где $m_к$ — масса колонны, кг.

Момент, воспринимаемый расчалкой:

$$M_р = Sr = k\, M_о - M_у,$$

где k — коэффициент устойчивости, $k = 3$.

Усилие в расчалке:

$$S = M_р / l / 2\sin \alpha,$$

где l — расстояние от колонны до места закрепления расчалки на якоре.

Задание 5.1. Определить диаметр троса парной расчалки для обеспечения временной устойчивости железобетонной колонны высотой $h = 14{,}1$ м, размер сечения $a = 400$ мм, $b = 600$ мм, масса колонны $m_к = 85$ кН. Угол расчалки с горизонтальной плоскостью 45°, высота крепления хомута растяжки $z = 8{,}5$ м, расстояние от колонны до якоря крепления $l = 8{,}5$ м. Расчет проводить для II ветрового района.

Решение.

1. Определяем давление ветра на колонну на высоте до 10 м:

$$w_1 = \upsilon c d h_1, \text{ кН}.$$

Ширина грузовой площадки, на которую действует ветер, при α = 45°:

$$d = (a + b) \cos \alpha = (0{,}6 + 0{,}4)\ 0{,}71 = 0{,}71 \text{ м}.$$

Для II ветрового района v = 0,3 кПа, аэродинамический коэффициент c = 1,4:

$$w_1 = 0{,}3 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}71 \cdot 10 = 2{,}98 \text{ кН}.$$

2. Вычисляем давление ветра на колонну на высоте более 10 м:

$$w_2 = \upsilon_р d h_2, \text{ кН}.$$

Расчетный ветровой напор на высоте более 10 м $\upsilon_р$ = 1,35, а значит

$$w_2 = 1{,}35 \cdot 0{,}3 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}71 \cdot 4{,}1 = 1{,}65 \text{ кН}.$$

3. Определяем удерживающий момент от собственной массы колонны:

$$М_у = m_к\, a_1 = m_к \sqrt{a^2} / 4 + b^2 / 4 = m_к \sqrt{a^2} + b^2 / 2 = 85 \sqrt{0{,}4^2} + 0{,}6^2 / 2 = 30{,}6 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

4. Находим опрокидывающий момент от ветровой нагрузки:

$$М_о = w_1(h_1 / 2) + w_2(h_1 + h_2 / 2) = 2{,}98 \cdot 10 / 2 + 1{,}65\ (10 + 4{,}1 / 2) = 34{,}8 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

5. Определяем момент, воспринимаемый расчалкой:

$$М_р = Sr = k\, М_о – М_у = 3 \cdot 34{,}8 – 30{,}6 = 73{,}8 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Коэффициент устойчивости принимается k = 3.

6. Вычисляем плечо r усилия S:

$$r = l / 2 \sin \alpha = 8{,}5 / 2 \cdot 0{,}71 = 6{,}0 \text{ м}.$$

7. Находим усилие S в расчалке:

$$S = М_р / r = 73{,}8 / 6{,}0 = 12{,}3 \text{ кН}.$$

8. С учетом коэффициента запаса $k_з$ = 1,4 расчетное усилие в расчалке составит

$$1{,}4 \cdot 12{,}3 = 17{,}22 \text{ кН}.$$

Для расчалок используем канат типа ТК 6×19 маркировочной группой 1770 Н/мм^2. По сортаменту выбираем канат диаметром 5,8 мм с расчетным разрывным усилием 17,65 кН.

Задание 5.2. Подобрать конструкцию парной расчалки для временного закрепления железобетонной колонны высотой 9,8 м и массой 5,9 кН, установленной в здании на 12 м выше нулевой отметки. Сечение колонны a = 0,6 м, b = 0,4 м. Угол наклона расчалки к горизонтальной плоскости равен 45°, высота крепления хомута растяжки Z = 8,5 м. Строительство ведется во II ветровом районе.

Задание 5.3. Парная расчалка имеет угол наклона к горизонтальной поверхности 60°, предназначена для временного раскрепления железобетонной колонны высотой h = 14,1 м и размерами сечения a = 400 мм и b = 400 мм, масса колонны $m_к$ = 57 кН. Высота закрепления расчалки на колонне Z = 8,5 м. Здание расположено на берегу водохранилища во II ветровом районе.

Библиографический список

1. Безопасность труда в строительстве: учебное пособие / под ред. Д.В. Коптева. — Москва : АСВ, 2003. — 352 с.

2. Охрана труда в строительстве: учебное пособие / под ред. Д.В. Коптева. — Москва : МЦФЭР, 2007. — 512 с.

3. Положение о расследовании и учете несчастных случаев на производстве. Утв. Правительством РФ 11.03.1999. № 279.

4. Правила по охране труда в строительстве. Утв. Минтрудом России от 01.06.2015. № 336н.

5. СНиП 12-03–2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования. — Москва : Госстрой России, 2001.

6. СНиП 12-04–2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство. — Москва : Госстрой России, 2002.

7. Сугак Е.Б. Безопасность жизнедеятельности (раздел «Охрана труда в строительстве») : учебное пособие. — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2014. — 111 с.