**Лекция 1**

**Классификация промзданий**

Промышленные (производственные) здания служат для создания какой либо продукции и характеризуются наличием подъемно-транспортного оборудования, больших пролетов и помещений (иногда могут состоять из одного цеха), крупногабаритных окон и т.д.

Основные требования, предъявляемые к промышленным сооружениям.

Факторы, учитываемые при проектировании

1. Технологические или функциональные

2. Технические

3. Архитектурно-художественные

4. Экономические

5. Экологические

6. Противопожарные

**Функциональные требования** заключаются в том, чтобы ПЗ наиболее полно отвечало назначению, т.е. заданным параметрам размещаемого в нем технологического оборудования и нормальному ходу технологического процесса. Этим требованиям должны быть подчинены объемно-планировочное и конструктивное решения зданий, его внутрицеховое транспортное оборудование, воздушная среда, шумовой и цветовой режим промышленных сооружений. При проектировании и строительстве ПЗ необходимо предусматривать возможность совершенствовать и модернизировать технологический процесс без проведения реконструкции самого здания.

**Технические требования** состоят в обеспечении прочности, устойчивости и долговечности зданий, в снижении пожарной и взрывной опасности для работающих, а также возможности возведения здания индустриальными методами. Прочность, устойчивость и долговечность конструкций зданий характеризует степень его надежности при эксплуатации в заданных условиях силовых и природноклиматических воздействий, а также воздействия внутренней среды помещения.

**К архитектурным требованиям** относятся: сохранение архитектурного облика города; не нарушение градостроительных требований и природного окружения; обеспечение выразительности комплекса зданий.

**Экономические требования** заключаются в обеспечении минимальных затрат на строительство и эксплуатацию зданий и т. о. обеспечивается минимальная себестоимость выпускаемой продукции.

**Противопожарные требования** Строительными нормами и правилами (СНиП 21-01-97) «Пожарная безопасность зданий и сооружений» регламентируются требования к конструктивным, объемно-планировочным и инженерно-техническим решениям, обеспечивающим в случае пожара: - возможность эвакуации людей; - возможность доступа пожарных и подачи средств пожаротушения к очагу пожара, а также проведение мероприятий по спасению материальных ценностей; - нераспространение пожара внутри здания; - нераспространение пожара на рядом расположенные здания; - ограничение прямого и косвенного материального ущерба, включая содержимое здания и само здание, при экономически обоснованном соотношении возможного материального ущерба в результате пожара и расходов на противопожарные мероприятия, пожарную охрану и ее техническое оснащение. В качестве противопожарных мероприятий предусматривается наличие противопожарных преград в виде противопожарных стен – брандмауэров. Ограждения выполняются в виде противопожарных зон и несгораемых перекрытий в многоэтажных зданиях. Противопожарные преграды выполняются из несгораемых конструкций, а противопожарные стены выполняются выше уровня кровли на 0,3 – 0,6 м. Все эти требования являются основными факторами, учитываемыми при проектировании.

**Классификация промзданий**

ОПЗ – одноэтажное производственное здание.

МПЗ – многоэтажное производственное здание.

АБЗ – административно-бытовое здание.

Промпредприятия делят на 4 отрасли производства;

1. с/х

2. промышленность

3. транспорт

4. строительство

Строительство, как отрасль производства делиться на:

1. Транспортное строит-во

2. Жилищное

3. Коммунальное

4. Стр-во лечебных учреждений

5. Здравоохранения

6. Промышленное строительство.

Независимо от отрасли народного хозяйства все ПЗ делят на 4 группы (классификация по технологическому признаку): 1. Производственные здания 2. Подсобно-энергетические 3. Транспортно-складские 4. Вспомогательные Промышленные предприятия состоят из производственных зданий, которые предназначены для осуществления производственно-технологических процессов.

Производственные здания в зависимости от их назначения подразделяют на:

1.Производственные – это здания, в которых размещены цеха по выпуску готовой продукции, полуфабрикатов данного предприятия (механосборочные цеха, кузнечные, кузнечно-ковочные, литейные и т.д.). ПЗ делятся на холодные (отрабатывающего цикла) и горячие (заготовочного цикла).

2. Подсобно-производственные – предназначены для обслуживания основного производства (ремонтно-механические мастерские, тарные).

3. Складские – служат для хранения сырья, полуфабрикатов, готовой продукции.

4. Энергетические – здания, которые вырабатывают Эл энергию, пар, тепло, сжатый воздух, котельные, трансформаторные.

5. Здания транспортного хозяйства – предназначены для обслуживания средств транспорта (депо, гаражи, авторемонтные мастерские).

6. Санитарно-технические здания – насосные станции, станции перекачки, очистные сооружения предприятия).

7. Вспомогательные здания – АБЗ (в них размещают гардеробно-душевой блок, пункты питания и медобслуживания, технические помещения, конторские, лабораторные корпуса и т.д.

По долговечности: установлено 3 степени долговечности. Под долговечность понимают срок службы здания без потери прочности и устойчивости как отдельных элементов, так и всего здания в целом в заданном режиме эксплуатации.

1 степень - с повышенным сроком службы (свыше 100 лет);

2 степень - со средним сроком службы (от 50 до 100лет);

3 степень - с пониженным сроком службы (от 20 до 50 лет);

Здания со сроком службы до 20 лет считаются временными.

В зависимости от класса здания устанавливают долговечность ограждающих конструкций: Для зданий 1 кл – долговечность не ниже 1 степени; Для зд 2 класса – не ниже второй степени; Для зд 3 класса – не ниже третьей ст; Для зд 4 класса – не нормируется. По степени огнестойкости Различают 4 степени огнестойкости зданий: I, II, III, IV (СНиП 21-01-97). Степень огнестойкости характеризуется группой возгараемости и пределом огнестойкости строительных конструкций. Предел огнестойкости строительных конструкций это сопротивление воздействию огня в часах до возникновения одного из следующих состояний: обрушения, образования сквозных трещин, до появления на обратной стороне конструкций температуры поверхности + 140 0С.

По капитальности: здания делятся на 4 класса – к первому классу относят здания с повышенными требованиями; к 4-му классу относят здания с минимальными требованиями.

**Объемно-планировочные решения промышленных зданий. Достоинства и недостатки.**

По объемно планировочным и конструктивным решениям здания можно классифицировать по следующим признакам:

По числу пролетов: - однопролетные (применяются чаще всего для небольших производственных энергетических или складских зданий, а также когда пролеты значительны от 60 и более, а высота от 18 и более); - многопролетные (более распространены, бывают шириной и длиной несколько сотен метров).

По размерам пролетов: - мелко пролетные - 6, 9, 12 м: - среднепролетные – 18, 24, 30, 36 м; - крупно пролетные – свыше 36 м.

По числу этажей: – одноэтажные (составляют ~80% объема промстоительства, в них легче разместить тяжелое оборудование, эффективнее использовать транспорт); – многоэтажные (используются в легкой промышленности или когда технологический процесс имеет вертикальную схему расположения или сыпучие материалы перемещаются за счет собственного веса). Существуют здания смешанной этажности.

По наличию подъемно транспортного оборудования: - крановые, бескрановые. По конструктивным схемам покрытия: - плоскостные (балочные, арочные, рамные, покрытия фермами и т.д.): - пространственные (своды, оболочки, подвесные и вантовые системы, перекрестные системы, воздухо-опорные конструкции, пневмокаркасные). Пространственные конструкции м/б: ж/б оболочки двоякой отрицательной и положительной кривизны; вантовые покрытия ( на тросах). Пневматические конструкции, используемые для складских зданий (воздухонесомые и воздухоопорные). Воздухонесомые - это стержни и панели, несущая способность которых обеспечивается постоянным давлением воздуха в замкнутом объеме (внутри отдельных конструктивных элементов – балок, стоек, арок, панелей). Воздухоопорные конструкции – выполняются в виде оболочек, внутри которых создается давление воздуха несколько выше атмосферного. К ним не предъявляется особых требований к герметичности и поэтому они нашли широкое применение для складов, укрытий для транспорта и т.д.

В зависимости от характера застройки: здания сплошной застройки и павильонного типа. По расположению внутренних опор: здания пролетного типа (пролет L > шага B) и здания ячейкового типа (пролет L ~ шагу B).

По конструктивной схеме: бескаркасные, с неполным каркасом, каркасные.

**Лекция 2**

**Конструкции промышленных зданий**

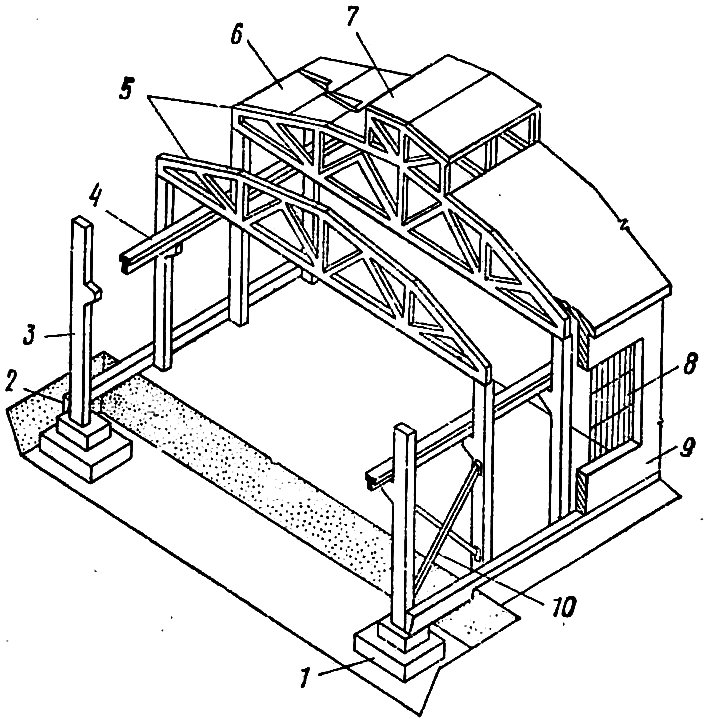
В подавляющем большинстве случаев конструкции одноэтажных и многоэтажных производственных зданий решается в каркасной конструктивной системе. Несущим остовом одноэтажных каркасных производственных зданий являются поперечные рамы и связывающие их продольные элементы. Поперечные рамы каркаса состоят из стоек, жестко заделанных в фундаменты и ригелей (ферм или балок), опертых на эти стойки. Продольные элементы остова включают в себя фундаментные, обвязочные и подкрановые балки, несущие конструкции ограждающей части покрытия и связи. Конструкции одноэтажных производственных зданий должны соответствовать своему функциональному назначению; иметь достаточные характеристики прочности и долговечности; быть технологичными в изготовлении, монтаже и эксплуатации; быть легкими и экономичными и иметь высокие эстетические качества. Требования, предъявляемые к конструкциям производственных зданий, часто противоречат друг другу и для их удовлетворения часто прибегают к оптимизации этих требований или к предпочтительному выбору отдельных решений в зависимости от главенствующих в каждом конкретном случае критериев. Железобетонные конструкции производственных зданий имеют следующие преимущества: высокую огнестойкость и влагостойкость, малый расход металла, наличие развитой базы стройиндустрии, возможность применения местных материалов для заполнителей бетона, возможность получения разнообразных пластических форм, возможность снижения массы конструкций в результате применения легких заполнителей. К отрицательным сторонам железобетонных конструкций относятся: малая ремонтопригодность, большая масса, малая стойкость к щелочам и кислотам, сложность устройства стыков при использовании сборных элементов. В массовом промышленном строительстве до последнего времени наиболее широко использовались сборные железобетонные конструкции. В настоящее время значительно увеличилась также применение стальных конструкций и монолитного железобетона. Это объясняется как общим уменьшением объема промстроительства, так и повышение в нем доли относительно небольших зданий. При этом предпочтение отдается быстромонтируемым и сборно-разборным зданиям из металлических конструкций или монолитным железобетонным промзданиям нетиповых архитектурных и конструктивных решений. Железобетонные колонны каркаса – это вертикальные элементы, служащие для опирания на них несущих конструкций покрытия, восприятия крановых и технологических нагрузок и нагрузки от стен.

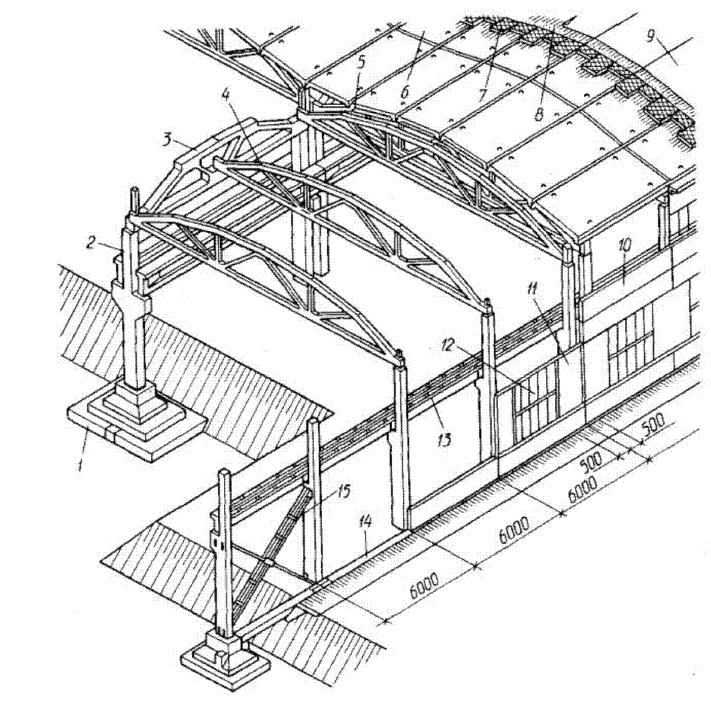
Шаг крайних колонн здания принимается 6 ил 12м, шаг средних колонн – 6, 12 или 18м. Шаг колонн увязан с шагом стропильных конструкций покрытия. Если шаг крайних колонн равен 6м, а шаг средних – 12м, то используются подстропильные конструкции. Высота железобетонных колонн и их градация по высоте кратна укрупненному модулю 600мм. Колонны классифицируются: по назначению, по размещению в здании, по воспринимаемой нагрузке и по конструкции. Высотой колонны считается отметка низа несущей конструкций. По назначению различают несущие колонны каркаса и фахверковые колонны; по размещению колонны делятся на крайние, средние и торцевые; по нагрузке – на крановые и бескрановые и по конструкции – на сплошные (одноветвевые) и сквозные (двухветвевые).

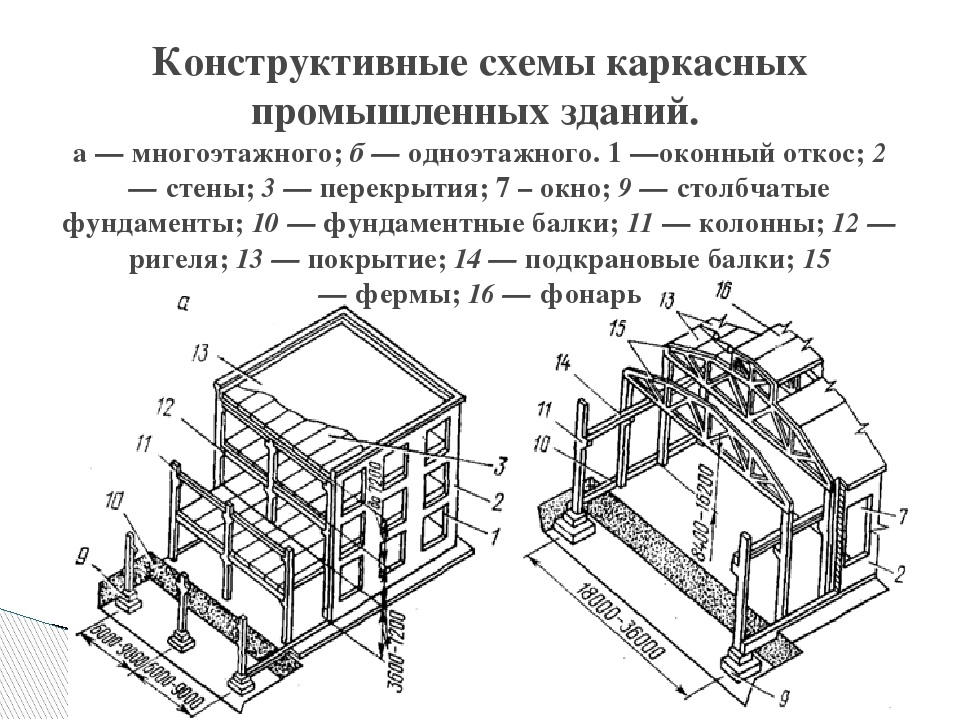
Для зданий без мостовых кранов колонны по всей высоте имеют одинаковые размеры их квадратного или прямоугольного сечений. Высоты этих колонн равны 7,2- 14,4м; размеры сечения измеряются от 400х400 до 400х800мм. Для зданий с мостовыми кранами колонны имеют прямоугольное или двухветвевое сечение. Такие колонны имеют две основные части – развитую по сечению подкрановую часть и более тонкую надкрановую. Высота таких колонн варьируется в пределах от 8,4 до 18,0м при сечениях подкрановой (сплошной или сквозной) части от 400х600мм до 600х1900мм. Сечение надкрановой ветви принимается от 400х380мм до 600х600мм. Соединение железобетонных колонн с фундаментами осуществляется в виде жесткого сопряжения. Колонны устанавливаются в специальные стаканы (гнезда) и зазоры замоноличиваются бетоном. Фундаменты могут выполняться монолитными и сборными. Сборные фундаменты выполняют из подколонника и одной или нескольких плит. Фундаменты имеют квадратное или прямоугольное очертание в плане. Глубина заложения фундаментов зависит от технологических требований, механических свойств грунта, глубины его промерзания и нагрузок на основание. Отметка верхнего обреза фундамента, независимо от вышеперечисленных условий, должна быть на 150мм ниже отметки чистого пола производственного здания. Фундаментные балки служат для опоры на них самонесущих стеновых конструкций. Эти балки передают нагрузки от стен на фундаменты и устанавливаются на специальные опорные столбики на обрезах фундамента. Сечения фундаментных балок зависит прежде всего от шага колонн, которому соответствует и шаг фундаментов. Для шага 6м их высота равна 300 – 450мм, а для шага 12м 400 – 600мм. Сечения сборных фундаментных балок может быть тавровым и трапециевидным. Верхняя грань фундаментной балки располагается на 30 – 50мм ниже отметки чистого пола здания. Для избежания промерзания окружающего грунта и самой балки, вокруг нее устраивается шлаковая засыпка. Подкрановые балки служат опорой для крановых рельсов, по которым на катках передвигаются мостовые краны. Эти балки опираются на консоли колонн и дополнительно обеспечивают продольную жесткость каркаса здания. Железобетонные подкрановые балки бывают как разрезными, так и неразрезными, таврового и двутаврового сечения. Несущие конструкции покрытия производственных зданий подразделяются на стропильные конструкции и несущие элементы ограждающей части покрытия.

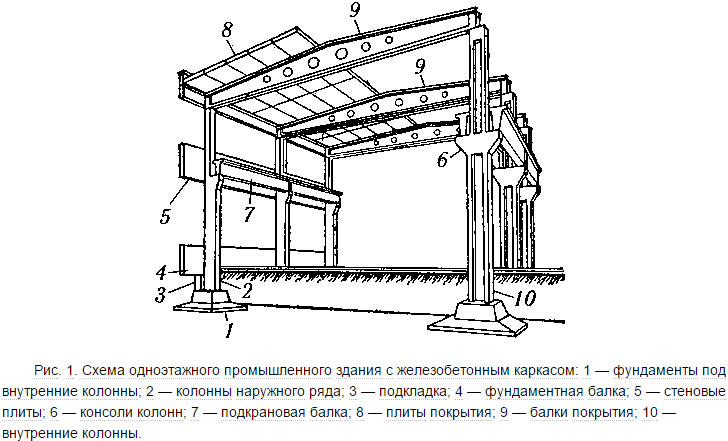
Стропильные и подстропильные конструкции в основном представлены балками и фермами. Несущие конструкции ограждающей части покрытия – это крупноразмерные плиты или прогоны или прогоном решении. Железобетонные балки применяются для устройства покрытий в промзданиях в основном при пролетах 12 и 18м и значительно реже – для пролетов 6 или 24м. Балки могут быть двускатными или с параллельными поясами. Для облегчения балок в их стенках часто устраивают отверстия (т.н. «перфорированные балки»). Сечения железобетонных балок в основном прямоугольные или двутавровые. Железобетонные стропильные фермы обычно применяются для пролетов 18 и 24м при шаге колонн 6 и 12м. Фермы легче балок, но более трудоемки в изготовлении и имеют значительно большую конструктивную высоту. В современной практике промстроительства в основном применяются фермы сегментные (раскосные и безраскосные), фермы с параллельными поясами и полигональные фермы. Фермы могут быть выполнены цельными или составленными, которые монтируются либо из двух полуферм, либо из ряда отдельных линейных элементов поясов и решетки. Сегментные фермы могут выполняться с дополнительными стальными стойками над верхним поясом, что позволяет устраивать т.н. «малоуклонную кровлю». В тех случаях, когда шаг колонн каркаса превышает шаг стропильных конструкций покрытия – балок или ферм, их опирают на подстропильные балки или фермы. Подстропильные конструкции применяют в тех зданиях, технологический процесс в которых требует широкого шага внутренних опор. Подстропильные конструкции опираются на средние ряды колонн каркаса и располагаются вдоль здания. В поперечном направлении на них опираются стропильные конструкции. Для уменьшения строительной высоты здания это опирание осуществляется на нижний пояс подстропильных конструкций.

Рисунок 1. Железобетонный каркас производственного здания.









**Допуски по возведению несущих конструкций промышленных зданий в СП 70.13330 «Несущие и ограждающие конструкции» таб.4.9 и 6.1**

**Лекция 3-4**

**1.Сущность геодезических методов контроля прямолинейности и соосности**

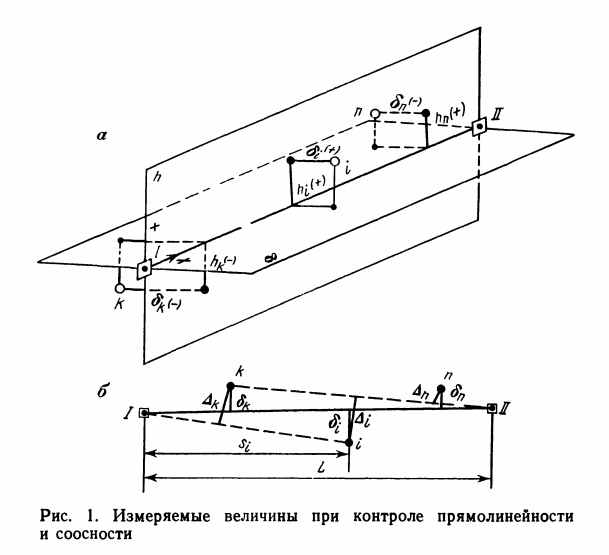
Не прямолинейностью или отклонениями от прямолинейности считают кратчайшие расстояния от точек реального профиля (поверхности строительных и технологических конструкций) до базовой или референтной прямой. Отклонение от прямолинейности можно рассматривать как линейное смещение в любой из двух взаимно перпендикулярных плоскостей относительно линии пересечения этих плоскостей (рис. 1, а).

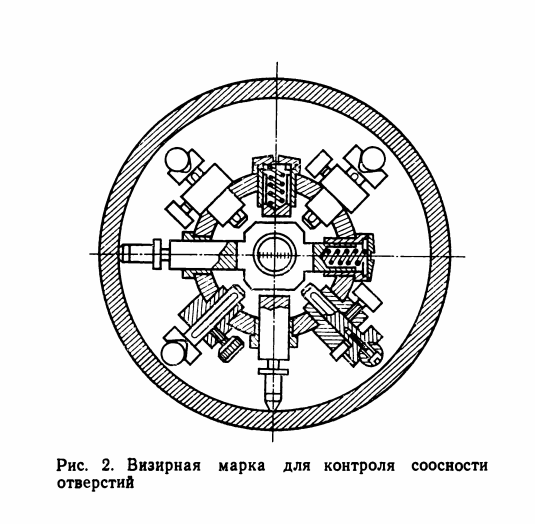
Под не соосностью понимают расстояния от заданной референтной прямой до геометрической оси контролируемых поверхностей вращения в пределах двух конечных точек референтной прямой. При контроле соосности измеряют линейные смещения в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. При этом возникает необходимость высокоточной фиксации оси контролируемой поверхности вращения не менее чем в двух точках, как правило, в торцах поверхности вращения (апертур технологического оборудования, внутреннего диаметра различных трубопроводов, статоров генераторов электростанций и др.). Для контроля несоосности отверстий крупногабаритных изделий используют четырехопорную визирную марку (рис. 2), которая обеспечивает высокую точность фиксации центра отверстия. Марка имеет оправу с двумя парами опор и два штока с закрепленными на них визирными целями. Две пары опор придают устойчивость марке как в начальном положении, так и при повороте на 180°. Полусумма отсчета по визирным целям при двух положениях марки позволяет однозначно и с высокой точностью определить центр отверстия контролируемого изделия относительно заданной референтной прямой (монтажной оси) в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Таким образом, при контроле прямолинейности и соосности измеряют два параметра: нестворность б/ — длину перпендикуляра, опущенного из контролируемой точки на вертикальную плоскость, и вертикальный отрезок hi от основания перпендикуляра до референтной прямой (см. рис. 1, а).

Геодезические измерения при контроле прямолинейности и соосности выполняют относительно двух взаимно перпендикулярных плоскостей — створов, поэтому такие измерения принято называть створными. Для краткости названий приборы для контроля прямолинейности и соосности называют створными или створофиксаторами. При этом створными приборами одновременно измеряют либо оба параметра δi, и hi, либо только один из них.

Референтные прямые могут быть различным образом ориентированы в пространстве — горизонтально, наклонно, вертикально. Один из опорных пунктов I называют начальным, второй II — конечным пунктом створа. Нестворность δi принято считать положительной, если контролируемая точка расположена вправо от заданного створа, и отрицательной, если влево. Нестворности δi, определенные относительно створа II—I (в обратном направлении), имеют противоположный знак.

В том случае, когда створ делят на части, т. е. на так называемые частные створы, измеряют частные нестворности Δi(см. рис. 1, б). Частная-нестворность Δi — длина перпендикуляра, опущенного из промежуточной (контролируемой) точки на вертикальную плоскость частного створа. При этом нестворность δi относительно заданного общего створа является функцией измеренных частных нестворностей δi=f(Δ1, Δ2…, Δn) . Дл я створных измерений характерно то, что величины нестворностей δi и Δi не превышают нескольких сантиметров, т. е. они во много раз меньше расстояний между точками на референтной прямой. Кроме того, следует отметить, что при определении нестворностей δi по измеренным частным нестворностям Δi последние следует считать также перпендикулярными к общему створу. Такое допущение значительно упрощает вычисления, а влияние неперпендикулярности Δi на величину нестворностей δ настолько мало, что им можно пренебречь, даже при самых высокоточных измерениях.





**1.1. Назначение и роль высокоточных методов геодезического контроля прямолинейности и соосности в строительстве**

Высокоточные створные измерения выполняют при:

1) построении в натуре опорных геодезических створов (ОГС) большой длины путем фиксации ряда промежуточных пунктов, определяющих с требуемой точностью положение заданного створа. Относительно ОГС производят разбивку основных, монтажных и вспомогательных осей, установку в проектное положение оборудования, строительных конструкций и др.;

2) определении положения ряда контролируемых точек в плане относительно прямой, закрепленной в натуре только двумя опорными пунктами. В зависимости от поставленной цели после соответствующей математической обработки полученных нестворностей получают информацию о степени непрямолинейности или несоосности оборудования исследуемого 7 объекта. Взаимное расположение контролируемых точек вдоль заданного створа зависит от конструктивных особенностей конкретного объекта. В общем случае они могут располагаться на различных расстояниях друг от друга и от опорных пунктов. При построении опорных геодезических створов промежуточные пункты стремятся расположить равномерно, что значительно улучшает технологию геодезических работ.

Створные измерения выполняют, как правило, при строительстве и эксплуатации сооружений, имеющих прямолинейную структуру. Методы и средства высокоточных створных измерений находят широкое применение при установке и выверке технологического оборудования промышленных предприятий, при разбивке центров опор канатно-подвесных дорог, при контроле планового положения направляющих путей большой протяженности, прокатных станов и конвейеров для шлифовки стекла, подкрановых путей и др. Методы и средства высокоточных створных измерений являются одними из основных при контроле за состоянием крупных гидротехнических сооружений как в процессе строительства, так и в период эксплуатации.

Высокоточные методы створных измерений, обеспечивающие контроль прямолинейности с погрешностью 0,05—0,3 мм при длине створов до 1 км и более, широко применяют при строительстве, монтаже и юстировке оборудования практически всех узлов современных ускорителей элементарных частиц. В ряде случаев эти методы единственно возможны, так, как только они удовлетворяют высоким требованиям точности установки физического оборудования в проектное положение. Для того чтобы обеспечить юстировку технологических линий, на каждом элементе оборудования предусматривают специальные точки, закрепленные малогабаритными геодезическими знаками. Положение их с погрешностью 0,05—0,10 мм определяют на специальных стендах геодезической калибровки относительно магнитной или геометрической оси монтируемого изделия.

Установку оборудования протяженных технологических комплексов в проектное положение осуществляют относительно монтажных осей, которые задаются координатами не менее чем двух опорных пунктов или координатами одного пункта и дирекционным углом створа. Монтажные оси могут совпадать с рабочими осями агрегатов или располагаться параллельно им. Разбивку местоположения опорных пунктов выполняют относительно общей геодезической основы всего сооружения. Чаще всего монтажной осью является прямолинейный отрезок или система азимутально связанных прямолинейных отрезков. На практике прежде всего необходимо реализовать в натуре монтажную ось. В случае значительной ее длины в створе заданных пунктов устанавливают ряд промежуточных точек, закрепив их постоянными или временными геодезическими знаками. В зависимости от характера сооружения точность такой реализации монтажной оси или базовой прямой, как принято ее называть, может быть разной. При установке физического оборудования линейных ускорителей и выносе в натуру магнитно-оптических осей каналов транспортировки заряженных частиц кольцевых ускорителей базовую прямую необходимо построить с точностью, характеризуемой средней квадратической погрешностью 0,05—0,20 мм для расстояний 500 м и более. Для обеспечения таких высоких требований опорные геодезические створы должны включать вакуумированные или термостатированные лучеводы, позволяющие исключать влияние внешних условий на точность створных измерений.

Современные оптические приборы, применяемые в машиностроении, позволяют одновременно измерять оба параметра, характеризующих непрямолинейность или несоосность. Однако эти приборы обеспечивают высокую точность только на расстояниях в несколько десятков метров и находят лишь ограниченное применение в инженерно-геодезических работах при строительстве сооружений большой длины.

**1.2. Классификация методов и средств высокоточных створных измерений**

В настоящее время для обеспечения высокоточных створных измерений существует большое число контрольно-измерительных методов и средств, хотя их разработка, исследование и применение начались сравнительно недавно. На начальном этапе были предприняты попытки использовать известные геодезические методы и средства. Однако они оказались пригодными при монтаже относительно простого оборудования со средними требованиями к точности установки в проектное положение (2—3 мм). Затем шел процесс модернизации существующих геодезических инструментов и методов измерения в соответствии с новыми требованиями (0,05—0,20 мм). Установка современного оборудования в цехах промышленных предприятий и уникальных физических лабораторий потребовала сочетания геодезических методов с методами измерительной техники, применяемой в машиностроении, повышения точности тех и других методов, разработки новых нестандартных геодезических приборов и вспомогательных приспособлений.

Известные высокоточные методы и средства створных измерений, которые применяют на разных этапах строительства, монтажа и эксплуатации инженерных сооружений, можно подразделить на четыре основных вида по физическим принципам, положенным в их основу:

1) оптические — прямая линия определяется визирной или оптической осью зрительной трубы, коллиматора или автоколлиматора;

2) струнные—базовая прямая линия задается натянутой струной;

3) лучевые — прямая линия задается осью пучка световых лучей, в том числе и осью диаграммы направленности лазерного пучка;

4) интерференционные — основаны на законах физической оптики; прямая линия определяется когерентным источником света и устройством, разделяющим пучок его световых лучей, и реализуется в пространстве осью симметрии интерференционной или дифракционной картины.

В табл. 1. представлены некоторые технические и точностные характеристики основных методов створных измерений. Следует отметить, что створные измерения оптическим методом могут выполняться по различным программам, соответствующим той или иной геометрической схеме построения опорного геодезического створа.

Для построения ОГС и для геодезического обеспечения высокоточной установки оборудования относительно ОГС за последние двадцать лет разработаны и внедрены в производство высокоточные оптические, струнные, дифракционные и лазерные методы и средства створных измерений, разработана разнообразная аппаратура как с визуальной, так и с фотоэлектрической регистрацией информации.

На стыке квантовой механики, физической оптики и радиоэлектроники сложилось новое направление, называемое квантовой оптико-электроникой, которое охватывает теорию и практику создания, а также способы применения квантовых приборов оптического диапазона. Новое направление открыло широкие возможности в развитии средств измерений вообще и высокоточных створных измерений в частности.

Приборы для створных измерений с использованием лазеров, визуальных или фотоэлектрических регистрируемых устройств получили название «лазерные створофиксаторы». В них необходимую измерительную информацию несет соответствующим образом сформированный пучок световых лучей, что позволяет при использовании фотоэлектрической регистрации автоматизировать створные измерения и создать специальные следящие системы с обратной связью.

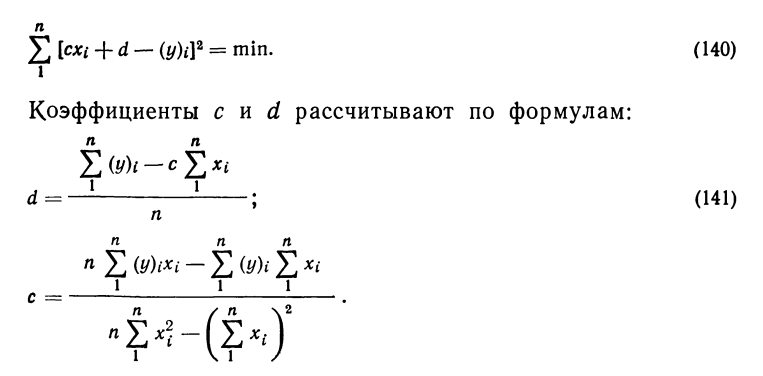
Традиционные методы и средства створных измерений не позволяют полностью автоматизировать процесс геодезического контроля прямолинейности и соосности. В связи с этим наряду с теоретическими и экспериментальными исследованиями струнного, оптического и дифракционного методов створных измерений возникла необходимость разработки и всестороннего исследования стационарных следящих систем, позволяющих непрерывно и дистанционно получать информацию о положении контролируемого оборудования, а также автоматизировать отдельные процессы всего комплекса геодезических работ. Такие системы являются наиболее экономичными по сравнению с существующими схемами измерений.

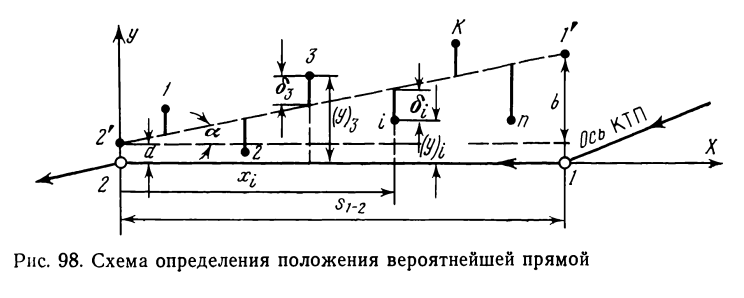
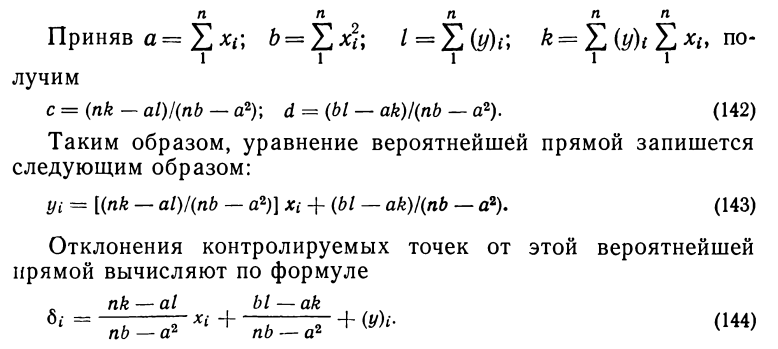
технологического оборудования; геодезические работы при эксплуатации сооружения и технологических линий; создание автоматизированных следящих геодезических систем (при необходимости с обратной связью).

Рассмотрим состав и методику высокоточного геодезического контроля прямолинейности они с успехом используются или могут быть использованы при строительстве, монтаже технологического оборудования и эксплуатации практически любых линейно протяженных инженерных сооружений.

При обработке результатов исполнительных съемок целесообразно определить положение каждого элемента оборудования относительно вероятнейшей прямой, рассчитанной под условием минимума суммы квадратов отклонений контролируемых точек от их прямолинейного расположения δi2 =min (рис. 98).

Если yi = cx+d — искомое уравнение вероятнейшей прямой, то δi = cxi + d—(у)i г, где (y)i — измеренные уклонения отдельных элементов оборудования от оси прямолинейного участка канала. Магнитооптическая ось прямолинейного участка принята за ось X с началом в конечной точке поворота 2; xi — расстояния до соответствующих элементов оборудования от точки 2. Тогда основное условие запишется в виде





Такой пересчет положения контролируемых точек может сократить разброс отклонений примерно вдвое. Причем сама вероятнейшая прямая будет расположена к проектной оси канала транспортировки заряженных пучков под углом а с параллельным сдвигом в точке 2 на величину d.

Величины а и d меняются от одного цикла измерений по контролю стабильности положения оборудования к другому. Необходимо следить за тем, чтобы эти сдвиги вероятнейшей прямой лежали внутри допуска на положение вершины поворота трассы канала (1 мм), т. е. чтобы соблюдалось условие (b2+d2) ≤l мм, где b = as1-2 /p.

Обработка результатов исполнительной съемки по вероятнейшей прямой позволяет производить юстировку положения физического оборудования с минимальными перемещениями последних.

**Лекция 5-6**

**Выверка параллельности**

Параллельность конструкций оборудования (направляющих, базовых плоскостей и т.п.) имеет большое значение для повышения долговечности оборудования.

При проверке параллельности используют способы, основанные на измерении расстояния между точками конструкции, расположенными в одном поперечном сечении.

Обычно выверка параллельности является задачей, сопутствующей выверке прямолинейности. Поэтому сначала одним из известных способов производят выверку прямолинейности одной (базовой) направляющей, а затем относительно нее выставляют параллельно вторую.

Наибольшее распространение в практике получили способы: с применением нутромера с микрометрической головкой (часовым индикатором); с применением рулетки; съемки каждой направляющих относительно двух Суворов.

Нутромер с микрометрической головкой или индикатором часового типа используют главным образом для выверки параллельности близко расположенных друг от друга направляющих (обычно 1—3 м).

Измерение расстояний между выверяемыми точками конструкции при помощи рулетки является наиболее распространенным способом при выверке металлоконструкций направляющих подъемно-транспортного оборудования. Измерение производят на весу или по предварительно подготовленной (выровненной) поверхности. При этом создают постоянное натяжение рулетки и учитывают поправки за компарирование, температуру, наклон и иногда провес (если осуществляется на весу, а компарирование — на выровненной поверхности).

Вместо рулетки для измерения изменений ширины колеи подкранового пути, например при измерениях деформаций, а по существу — расстояний между рельсами пути в каждом пролете, можно использовать способ провеса струны, предложенный Д.Н. Ковунцом и Н.А. Володиным. Струну длиной l протягивают между двумя симметрирующими устройствами, определяющими положение осей

рельсов при известном расстоянии L1 между ними (рис. 42). При подвешенном

грузе струна будет иметь некоторую стрелу изгиба

*1*

F1 так что

L1  2

*( l / 2 )2*  *F 2*

*1*

≈ l  2F 2 / l.

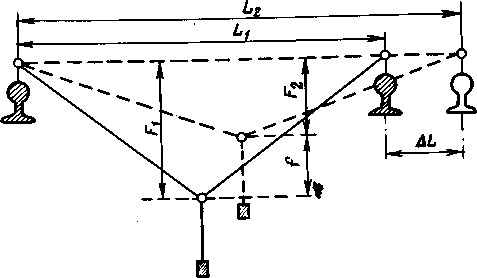


Рис.42.Схема измерений ширины колеи подвесной струной Если систему переместить в другой пролет, где ширина пути равна

L2  L1 ,

что стрела изгиба струны F2 будет меньше запишем

*( l / 2 )2*  *F 2*

*2*

F1 . При неизменной длине струны

L2  2

≈ l  2F 2 / l.

Приняв

*2*

F2  F1  f

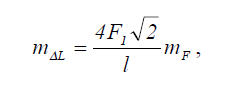
, где f - изменение стрелы изгиба струны, приращение

ширины в пролете получим

 L= L  L ≈ 4F1 ( F  F ).

2 1 l 1 2

Таким образом, измерив, изменение стрелки изгиба струны в текущем пролете относительно стрелы в начальном пролете, можно легко определить изменение ширины колеи. Погрешность составит



где тF — погрешность измерения изменения стрелы прогиба.

Из этой формулы следует, что для высокой точности измерений стрелу Fl следует делать небольшой. Следует подчеркнуть, что стрелу можно измерять с крана, присоединив к грузу струну с индексом и фиксируя его смещение относительно неподвижной шкалы, закрепленной на мосту крана в кабине крановщика.

Если при перемещении крана изменяется и высотное положение рельсов, то из измерений разности стрел изгиба F необходимо вычесть половину превышения h между головками рельсов в пролете h =Н2—Н1, т.е. в расчете использовать приведенную к горизонту разность стрел F =F-h/2.

Расчеты показывают, что струнная система может быть весьма эффективной при выполнении измерений с крана, особенно при автоматизации нивелирования с применением гидростатической системы.

В протяженных направляющих со сложным креплением (подкрановые пути) с большими пролетами выверку параллельности производят от двух параллельных (в общем случае непараллельных) створов аналогично выверке прямолинейности направляющей. В ряде случаев при выверке параллельности используют коллимационную плоскость теодолита, ориентированную параллельно базовой плоскости оборудования. При этом теодолит устанавливают в точке Т на удалении aо от базовых точек А и В, которые задают линию, параллельную оси оборудования (рис. 43, а), и визуально ориентируют его. Приложив в указанных точках линейки со шкалами и взяв по ним отсчеты а. и а2, находим разность а =а2 – а1,. Если она не равна нулю то теодолит необходимо повернуть на угол а=( а2 – а1)/(s2 –s1), где s1 s2, - удаления базовых точек от теодолита. Для контроля отложения угла а целесообразно вычислить отсчет аT по линейкам, соответствующий параллельности визирной оси теодолита заданной базовой линии

*2*

a  a  a2  a1 s  a

*1*

*2*

 a2  a1 s .

0 1

*s*

2

* s1

s2  s1

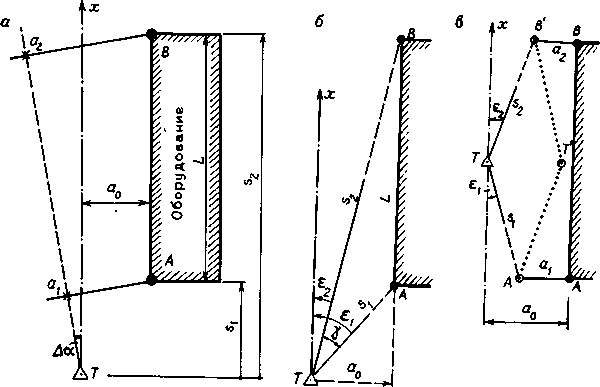


Рис.43. Схема ориентирования теодолита по направлению, параллельному оси конструкции

Если контролируемый объект лежит слева от коллимационной плоскости теодолита, то величинам a1 и а2, присваивают знак минус . Тогда положительное значение поправки Да будет указывать на необходимость поворота теодолита по ходу, а отрицательное - против хода часовой стрелки.

Погрешности искомых величин будут

m  ma 2  ; m  m 1  2 s1 ( 1  s1 ) ,

 L aO a L L

где L — длина базовой линии.

Если точки А и В оборудования маркированы, но недоступны для установки реек (линеек), то задача построения параллельной плоскости решается, следующим образом. Выбрав пункт T, из которого видны точки 1 и 2 объекта, устанавливают в нем теодолит и измеряют угол  (рис 43, б), При известных расстояниях до базовых точек (при полной недоступности их получают косвенным способом или определяют конструктивно) удаление ao параллельной плоскости от базовой линии (плоскости) определяют по формуле

a o 

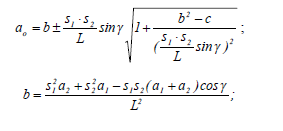
s 1  s 2

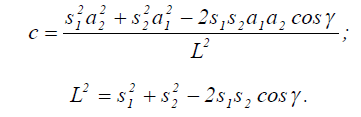
L

sin  .

Заметим, что эта формула справедлива для случая, когда пункт Т выбран в промежутке между базовыми точками, как это показано на рис.43,в.

В случае, если точки визирования А' и В' отнесены от точек А и В базовой плоскости соответственно на расстояния a1 и а2, например, если видны края строительных конструкций, то искомое расстояние определяют из решения квадратного уравнения, а именно



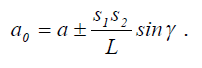


Расстояния 3j и а2 измеряют заблаговременно или задают конструктивно.

При

a1  a2  a

величина b=a, a c=a 2 . Поэтому выражение (9) имеет вид



Знак "минус" в формулах (9) и (10) относится к зеркальному изображению точки Р относительно искомой параллельной оси. В практических расчетах второй член формул берут со знаком "плюс". Очевидно также, что в случае а =0 формула

(10) преобразуется к выражению (8). Таким образом, в зависимости от конкретной задачи удаление параллельной оси от базовой определяют по одной из формул (8), (9) или (10).

Направление параллельной оси в точке Р задают теодолитом путем

построения углов є1 и є2 , вычисляемых по формулам

sin є1

 a0  a1 ; sin є

s1

*2*

 a0  a1

s2

или с учетом (10) при а 1 =а 2 =а

sin є1

 s2 sin  ; sin є L 2

 s1 sin .

L

Построенная параллельная ось может использоваться при контроле установки конструкций и входном контроле параметров оборудования. Заметим, что этот способ можно также применять для косвенного измерения угла  между плоскостями или осями установленного оборудования. Точность решения всех задач зависит от точности измерения расстояний и углов. Погрешность определения ординат составляет

ma0 

*m*  *a [( )* *( )*  *( )*  *( ctg*

*2 2*

*m*

*s*

*1 2*

*m*

*s*

*2 2*

*m*

*L 2*

*m*

**

*a 0*

*s*

** *) ],*

*2*

*1*

*s*

*2*

*L*

*p*

где

ms ,ms ,mL ,ma

— погрешности измерения соответствующих расстоянии;

m —погрешность измерения угла .

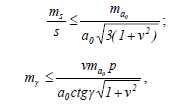
*1 2*

При заданной величине погрешности m

*a*

0 линейных и угловых измерений будут

допустимые погрешности



где v — коэффициент запаса точности (обычно v =1,5; 2; 2,5 и 3). Например,

при m

*a*

0

=5 мм, s1 =100, s2 =50 и L =173,65 м, =10°, v =2, а0 =5 м получим ms/s <

1/3900 и т = 18". При углах , близких к 0 или 180°, формула для расчета

погрешности m

*a*

0

упрощается

ma0  .

*( a 3 ms )2*  *( s1*  *s2 m*

*0*

*s*

*L*

**

*)2*

При малых или тупых углах линейные измерения можно осуществлять с небольшой, а угловые с высокой точностью.

При достаточном приближении точки Т к створу базовой линии погрешность

тє можно определить по формуле

mє  ,

*( 2 a0*  *ms  )2*  *( s m*

*s s*

*L*

**

*)2*

где s — длина линии, противостоящей определяемому углу є.

На основании изложенного можно сделать следующие практические выводы:

1. определение отстояния параллельной оси от базовой осуществляется по одному алгоритму независимо от положения рабочей точки относительно базовых пунктов;
2. точность определения ординаты оси зависит как от точности измерения расстояний и углов, так и от геометрии рабочей фигуры; 3) для измерения расстояний с меньшей точностью рабочую точку следует максимально приближать к створу базовой линии или к одной из базовых точек.

В случае, когда базовые точки не видны с одной станции, применяют более сложные построения, выполняя измерения с параллельной монтажной оси, смещенной относительно оси оборудования на некоторую величину h. В первом

случае, когда лишь видны конечные пункты оси оборудования А и В (рис. 44,а), положение пунктов монтажной оси А1 и В1 можно определять решением засечки Ганзена, измеряя углы 1, 2, 3 и 4. Принимая ось АВ условно за ось абсцисс, а точку А — за начало координат, можно определить дирекционный угол ao линии А1 В1 по формуле

tga

 cy  A( yB  y A )  B( xB  xA ) ,

где

*0*

cx A( xB

* xA

)  B( yB

* y A )

При

a  0o

*o*

A  e2 cos 1  e1 cos  3 ;e1  sin(  2  1 )  sin  4 ; B  e2 sin 1  e1 sin  3 ;e2  sin(  4   3 )  sin  2 .

ордината точки В1 больше ординаты точки А1. По значению

ao вычисляют дирекционные углы засечки

ai (i=1,2,…,4) направлений прямой угловой

a  a    180o ; a  a   ; a  a    180 o ;a  a   ,

*1 o 1 3 o 3*

*2 o 2 4 o 4*

а по известным формулам Гаусса- координаты станций А1 и В1.

Точность получения координат рабочих пунктов функционально связана с длиной опорной стороны, что необходимо учитывать при проектировании технологии геодезических работ.

Контроль определения положения пунктов А1 и В1 удобно производить либо путем измерения расстояния А1В1, либо путем определения координат пунктов- дублеров А2 и В2, смещенных относительно пунктов /4j и В1 на известное малое расстояние (практически 5-10 мм). Реализацию таких смещений удобно выполнять на геодезической редукционной подставке (ГРП).

Во втором случае, когда пункты А и В доступны для измерения к ним расстояний l1 и l2 от определяемых пунктов А1 и В1 (рис. 44,5), в последних измеряют углы1 и 2. В результате вычисляют величины

h1  l1 sin  1 ; h2  l2 sin  2 ;

a  arctg(sin h2  h1 ),

o b

где hj, сj — длины перпендикуляров из пунктов А и В на сторону А1В1 и оснований прямоугольного треугольника (j = 1,2). Координаты пунктов А1 и А2

вычисляют по формулам

X  l1 cos( 0  1 ); X B  b  l2 cos(  0   2 );

*A*

*1*

*1*

Y  l1 sin(  0  1 );YB  l2 sin( 0   2 ).

*A*

*1*

*1*

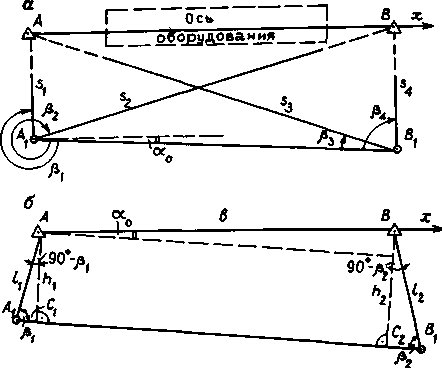
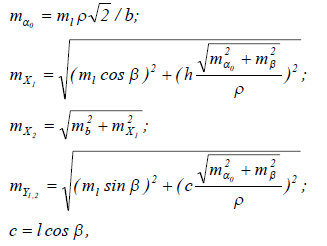


Рис. 44. Схема построения линии, параллельной оси оборудования способами:

а — обратной засечки пары пунктов; б — обратного редуцирования Погрешности искомых величин с достаточной для практики точностью

определяются из выражений:



где ml и m— погрешности измерения расстояний и углов, mb- погрешность исходной стороны.

Если непосредственное измерение расстояний к конечным пунктам оси затруднено, то их получают косвенным путем.

**Выверка перпендикулярности**

Перпендикулярность конструкций выверяется при сборке плоских, цилиндрических, конических и других деталей технологических линий.

Наиболее простой случай выверки перпендикулярности имеет место при сопряжении двух осей или плоских конструкций, например, панелей, которые должны быть расположены друг к другу под прямым углом (рис. 45, а). Теодолит, установленный в точке Т, расположенной на возможно близком расстоянии от плоскости конструкции, ориентируют по оси х. В этом положении прибора методом бокового нивелирования по реечке с миллиметровыми делениями или при помощи специальной марки с микрометрической головкой и магнитной опорной пятой измеряют расстояния а1 и а2 — отклонения точек 1 и 2 конструкции от коллимационной плоскости теодолита. Далее, повернув теодолит на 90°, измеряют аналогичные отклонения b1 и b2 для точек 1 и 3 от оси у. Наблюдения производят при двух положениях вертикального круга, ориентируя каждый раз теодолит по одной и той же фиксированной на оси точке, и из результатов двух наблюдений находят средние отклонения. Искомый угол  между конструкциями определяют по формуле

  90 o  ( arctg a2  a1  arctg b2  b1 ).

sa sb

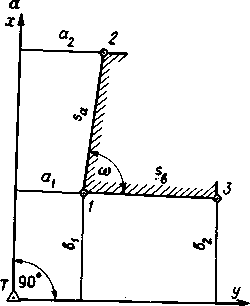
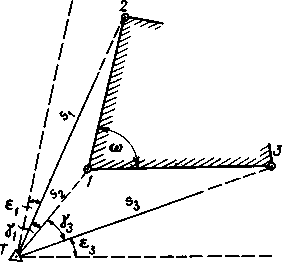
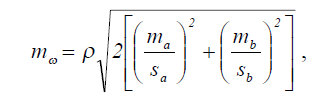


Рис. 45. Схема контроля перпендикулярности конструкций способами: а — бокового нивелирования; б — измерения угла непараллельности

Погрешность т измеренной величины угла будет



где sа, sb — длины сторон искомого уга.

При sа = sb = 10 м, та = тb = 0,2 мм получим т  =4".

Подобная задача выверки перпендикулярности может также решаться как в вертикальной, так и наклонных плоскостях. В первом случае проверку положения точек в горизонтальной плоскости производят нивелиром, а в отвесной — струнным отвесом или теодолитом, т.е. используют комбинированное построение, сочетающее в себе нивелирование и контроль вертикальности.

Если боковое нивелирование панелей затруднено, а точки конструкций маркированы, то можно использовать способ размещения коллимационной плоскости параллельно базовой плоскости, описанный в предыдущем параграфе. При этом визируют на три базовые точки объекта, измеряют до них расстояния, углы 1, 3 и вычисляют по формуле (11) углы є1, и є3. Искомый угол  между базовыми линиями вычисляют по формуле

=1 + 3 + є1+ є3.

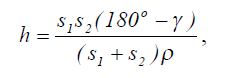
Погрешность полученного угла можно вычислить по приближенной формуле

m ≈ .

*2( m2*  *m 2 )*

** *є*

**Косвенный способ построения перпендикуляра к базисной линии.** Пусть необходимо построить перпендикуляр к базисной линии АВ, конечные пункты которой недоступны для установки теодолита. Для этого можно применить прямой и косвенный способы. В прямом способе теодолит устанавливают в точке Т (рис. 46, а) и измеряют угол у при визировании на конечные пункты базисной линии (створа). При известном удалении теодолита от конечных пунктов створа определяют высоту



которую откладывают по перпендикуляру к линии АВ, и фиксируют створную точку С. Установив в ней теодолит (для перемещения теодолита из точки

Т в С можно использовать геодезическую редукционную подставку), наводят на одну из конечных точек створа, откладывают прямой угол и фиксируют точку перпендикуляра А1, а переводя трубу теодолита через зенит — точку В1. Аналогичные действия выполняют при другом положении круга. Для контроля разбивки все измерения повторяют, желательно с точки-дублера, близкой к Г.

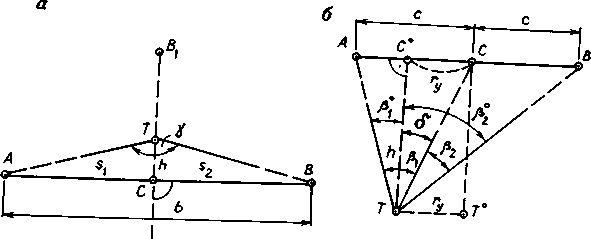
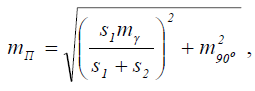


Рис. 46. Способы построения перпендикуляра к базовой линии

Угловая погрешность перпендикулярности может быть рассчитана по формуле



где m o — погрешность построения прямого угла, в которую входят

*90*

погрешность центрирования теодолита в точке С и погрешности угловых построений.

Если точку Т нельзя выбрать в непосредственной близости к базисной линии, применяют косвенный способ. Теодолит устанавливают в точке В1 (рис. 46, б) и измеряют угол  при визировании на конечные пункты А и В, расстояние b между которыми должно быть известно с погрешностью 1—3 мм. Кроме того, измеряют расстояние s1 (для контроля также и s2). Решая треугольник АВ1В, находим

sin B  s1 sin ; sin A  s2 sin  ;

b b

контроль

  90 o  B;  90o  A,

     . Откладывая угол  от исходной стороны, разбивают точку А1.

Для контроля разбивки аналогичные построения по углу  производят от линии

B1A. Для разбивки створной точки С находят длину перпендикуляра

h=s1cos=s2cos . Точность его построения зависит от качества измеренных величин.

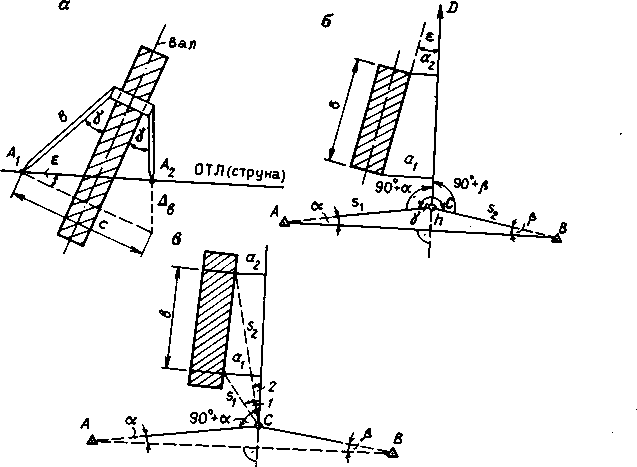
При выверке перпендикулярности вала к оси технологической линии (ОТЛ) применяют способ вращения вала с навесным измерительным блоком — нутромером (рис. 47, а).

Рис. 47. Схема контроля перпендикулярности оси вала к оси оборудования способами:

а — струнным; б — бокового нивелирования; в — измерением малых углов Измерительный блок содержит обойму, консольный нутромер (штихмас) с

индикатором часового типа. Длину нутромера b- подбирают таким образом, чтобы индикатор касался струны в точках А1 и А2, задающей направление оси технологической линии. При контактировании индикатора со струной на его шкале делается отсчет a1, a затем, после поворота вала на 180°, т.е. при положении индикатора в точке А2, — отсчет а2. Если эти отсчеты одинаковы, от ось вала перпендикулярна к ОТЛ. В противном случае по разности b= а2— a1 определяют угол є неперпендикулярности

tgє  b cos 

c

 b ctg ,

2b

где с — расстояние между концами нутромера в двух положениях;  — угол между валом и консольным нутромером, который рекомендуется принимать не более 45°. Тогда погрешность будет

m  mb  ,

є 2b

что при b=1 м и

mb

= 0,1 мм составит 10". Следует, однако, подчеркнуть, что

точность измерения смещения b может быть повышена, если вместо струны направление ОТЛ задавать теодолитом, установленным на постоянных концевых пунктах с устройством для принудительного центрирования и снабженным оптическим микрометром. Это позволяет увеличить протяженность наблюдений, а погрешность измеренного угла неперпендикулярности не превысит 5—10". В ряде случаев, например когда расположение валов не позволяет подвесить струну, можно использовать другой способ (рис. 47, б). Установив теодолит в точке С, примерно в створе ОТЛ, закрепленной марками в точках А и В, измерив угол  и вычислив по нему расстояния s1 и s2, нерастворность h, найдем углы  и 

  arcsin( h / s1 );   arcsin( h / s2 );

s s (   180o )

h  1 2 ,

( s1  s2 )

а по ним углы 90° +  и 90° + , при которых линия визирования теодолита устанавливается по линии CD, перпендикулярной к ОТЛ. Прикладывая линейку к образующей вала, измеряют боковым нивелированием отклонения a1 и a2, а затем определяют угол

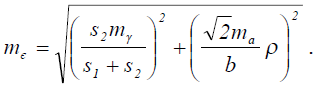
є  arcsin a2  a1 ,

b

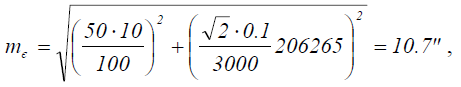
где b — длина вала. Вследствие малости этого угла можно записать



а с учетом погрешности построения линии CD



При длине вала b = 3 м; s1=s2 =50 м; т = 10" и тa =0,1 мм получим



т.е. точность определения неперпендикулярности вала зависит в основном от его длины и погрешностей измерений отклонений аi (i= 1,2 ). Последние можно уменьшить, если разность (а2 — a1) измерять оптическим микрометром, особенно из повторных измерений. Опыт показывает, что величина тє может быть доведена до 5".

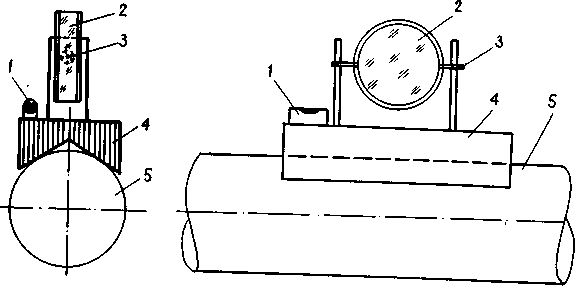
В случае затруднений с непосредственным измерением отклонений их получают косвенным путем из створных измерений относительно поперечной оси (рис. 47, в) по измеренным углам є1,є2 и расстояниям s1 и s2 до точек визирования. При контроле барабанов бумагоделательных машин указанные точки можно маркировать белой леской с грузами, подвешенными ниже контролируемой образующей цилиндра. Расстояния до отвесов измеряют рулеткой.

Рис. 48. Схема контроля перпендикулярности вала к оси прокатки автоколлимационным способом

Валы небольших диаметров, в частности, рольгангов и прокатных станов можно контролировать автоколлимационным теодолитом, ориентированным вдоль оси прокатки, и автоколлимационным зеркалом 2 на призматической опоре 4 (рис. 48). Такая опора, снабженная Т-образным уровнем 1, хорошо фиксирует плоскость зеркала относительно оси вала 5. Зеркало укреплено в оправе, имеющей вращение вокруг горизонтальной оси 3, параллельной призменной грани опоры. Это позволяет наклонять зеркало в плоскости, нормальной к оси вала, и обеспечивает получение в теодолите автоколлимационного изображения сетки. Для простоты выполнения поверок и контрольных операций в процессе измерений зеркало должно быть двусторонним. Сначала поверяются уровни (перестановкой опоры на

180°), затем условие, чтобы плоскость зеркала была параллельна оси его вращения

(юстировку выполняют перемещением оправы на половину дуги отклонения) , и, наконец условие, чтобы ось вращения зеркала и ребро призматической опоры находились в одной плоскости (юстировку выполняют путем перемещения оси). В последних двух поверках используют теодолит с зеркалом, причем в первой поверке зеркало вращается на 180°, а во второй — изменяется на 180° положение опоры.

В начале работ автоколлимационный теодолит ориентируют по продольной оси оборудования и закрепляют в таком положении. Затем на выверяемый вал устанавливают призменную подставку с зеркалом в месте нуля. При совпадении отраженного от зеркала изображения вертикального штриха сетки нитей с его действительным изображением ось вала перпендикулярна к главной оси оборудования. Если изображения нитей сетки не совпадают, то вал подлежит развороту на некоторый угол . Здесь обычно рассматривают два случая геодезического обеспечения монтажных работ. Первый случай — выверка состоит в развороте вала на угол , т.е. до тех пор, пока изображения нитей сетки не совпадут. Второй случай — исполнительная съемка — состоит в определении угла

 и сравнении его с допускаемым значением неперпендикулярности.

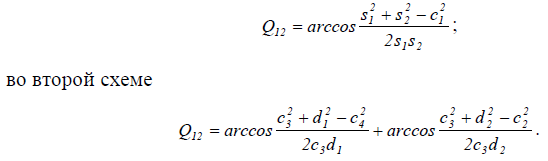
Обычно измерение угла  производят поворотом алидады теодолита микрометренным винтом до совпадения изображений нитей сетки. Если зеркало жестко посажено на призме и, следовательно, не имеет горизонтального круга для поворота по азимуту (такая конструкция встречается реже), то изменение угла  производят только теодолитом. При развороте теодолита угол неперпендикулярности  определяют по формуле =М—М0, где М — отсчет по горизонтальному кругу при совпадении изображений нитей сетки автоколлимационного теодолита; М0 — место нуля горизонтального круга теодолита, соответствующее положению коллимационной плоскости параллельно оси прокатки.

При выверке перпендикулярности торцевой плоскости вала или цилиндрической обечайки к ее оси можно использовать автоколлимационный

способ при установке теодолита на продольной оси конструкции и автоколлимационного зеркала на торце. Если размещение зеркала на торце затруднено, например, при большом диаметре обечайки (более 3 м), выверку целесообразно делать косвенным способом, устанавливая теодолит в наклонном положении вне объекта таким образом, чтобы коллимационная плоскость трубы была перпендикулярна к оси обечайки.

Этот метод может применяться для контроля секций вращающихся печей и сушилок, телевизионных антенн, мачт и др.

В практике монтажных работ довольно распространенной операцией является контроль перпендикулярности закрепленных на фундаменте (опорной плите) осей оборудования. Если в точке пересечения этих осей можно установить теодолит, то такая задача решается измерением прямых углов и анализом результатов. Если же указанная точка недоступна для установки прибора, то целесообразно применять либо способ продолженных створов, измерив угол между ними, либо способ трилатерации, например, если выверяемая деталь расположена в наклонной плоскости. При этом рулеткой измеряют хорды c1, c2, с3, с4 и расстояния s1 между точками осей (i= 1, . . . , 4) в цельной конструкции (рис. 49, а) или диагонали di (i = 1, 2) в пустотелой (рис. 49, б). Теперь, по измеренным сторонам, можно вычислить необходимые углы: в первой схеме



Но так как сеть трилатерации содержит по одному избыточному измерению, то целесообразно выполнить упрощенное уравнивание линий. Для этого в первой схеме вычисляем центральные углы I,I+1, сумма которых теоретически должна быть равна 360°. Невязка w = =I2+23 +34 +41 - 360° используется для вычисления поправок в измеренные стороны

( ci

)   ci w ;( s

16  i

)   ( ci ) ,

2

которые прибавляются алгебраически к значениям измеренных длин.

В схеме, не содержащей центрального пункта (см. рис. 49, б), по сторонам

треугольников находят углы

 ' , " и  - образующие невязку w = ' +  " - и

3 3 3 3 3 3

определяют поправки в измеренные стороны

( ci

)   ci w ;( d

12 i

)  2

2( ci ).

По исправленным длинам вычисляют окончательные значения центральных углов. Контролем правильности вычислений являются нулевые невязки в фигурах.

**Лекция 7**

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЕРМИНОВ.

Установленные термины и определения рекомендуется применять для сборочных единиц машин и приборов в машиностроении и других отраслях промышленности.

Реальной поверхностью называют поверхность, ограничивающую деталь и отделяющую ее от окружающей среды.

Прилегающей плоскостью называют плоскость, которая соприкасаясь с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

Реальной поверхностью называют поверхность, ограничивающую деталь и отделяющую ее от окружающей среды.

Под допуском плоскостности называется наибольшее допускаемое значение отклонений от плоскостности.

Под полем допуска плоскостности называют область в пространстве, ограниченной двумя параллельными плоскостями, относящими друг от друга на расстоянии равном допуску плоскостности Т (рис.2).

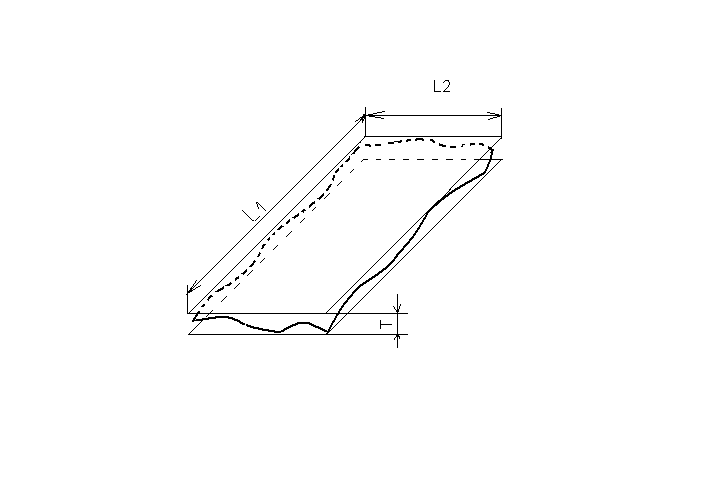


Рис.2

Нормируемым участком называется участок поверхности, к которому относится допуск или отклонение формы, или расположение элементов.

Нормируемый участок должен быть задан размерами, определяющими его площадь, длину или угол сектора, а в необходимых случаях и расположение участка на элементе.

Для криволинейных поверхностей или профилей нормируемый участок может задаваться размерами проекции поверхности или профиля.

Если расположение нормируемого участка не задано, то может занимать любое расположение в пределах всего элемента.

При измерении отклонений формы допускается их количественная оценка относительно среднего элемента.

1. Средний элемент-поверхность (профиль), имеющая форму номинальной поверхности и расположенная форму номинальной поверхности и расположенная по отношению к реальной поверхности так, чтобы среднее квадратическое отклонение точек реальной поверхности от средней поверхности (профиля) в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.
2. При отсчете от среднего элемента отклонение формы равно сумме абсолютных значений наибольших отклонений точек реальной поверхности (профиля) по обе стороны от среднего элемента (рис.3).

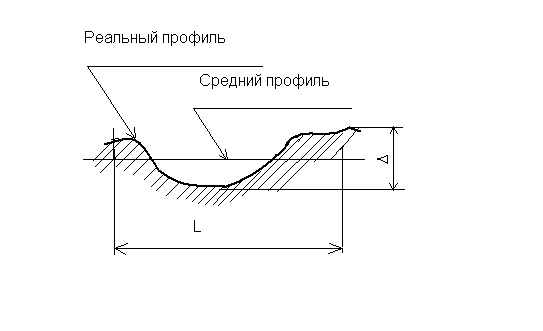


Рис.3.

Профиль-это линия пересечения поверхности с плоскостью или заданной поверхностью.

Номинальной поверхностью называется идеальная поверхность, номинальная форма которой задана чертежом или другой технической документацией.

Средний профиль-это профиль средней поверхности.

Номинальный профиль- это профиль номинальной поверхности.

Реальный профиль- это профиль реальной поверхности.

Для плоскостности выделяются частные виды отклонения – выпуклость и вогнутость.

Выпуклость – отклонение от плоскостности, при котором удаление точек реальной поверхности от прилегающей плоскости уменьшается от краев к середине (рис.4).

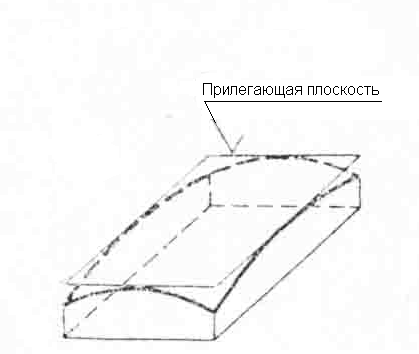


Рис.4.

Вогнутость - отклонение от плоскостности, при котором удаление точек реальной поверхности от прилегающей плоскости увеличивается от краев к середине (рис.5).

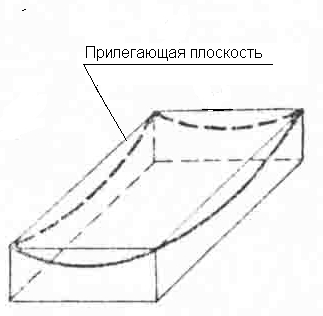


Рис.5.

Примеры обозначения на чертеже условными знаками требований к допускаемым отклонениям плоскостности согласно ГОСТу 2.308-79 (ГОСТ СЭВ 368-76) приведены в таблице 1.

Примеры обозначения на чертеже условными знаками требований к допускаемым отклонениям плоскостности.

Таблица № 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид допуска | Указание допусков формы и расположения условным обозначением | Пояснения |
| Допуск плоскостности |  | Допуск плоскостности поверхности 0.01 мм |
|  | Допуск плоскостности поверхности 0.01 мм, допуск в виде выпуклости не более 0.004 мм |
|  | Допуск плоскостности поверхности 0.01 мм, допуск на вогнутость не допускается. |
| опуск плоскостности |  | Допуск каждой поверхности 0.01 мм |
|  | Допуск плоскостности поверхности 0.1 мм на площади 100х100 мм |
|  | Допуск плоскостности поверхностей относительно общей прилегающей плоскости 0.01 мм. |

Для нормирования числовых значений в ГОСТ 24643-81 установлены 16 степеней точности в зависимости от номинальной длины нормируемого участка, за которым в общем случае принимается длина большей стороны поверхности.

Наиболее точные степени I–II рекомендуется для высокоточных измерительных поверхностей, направляющих высокоточных станков. Такие поверхности получают доводкой, тонким шабрением.

Степени III – IV устанавливаются также к измерительным поверхностям средств измерения, но меньшей точности, чем было указано ранее (поверочные линейки, плиты и т.д.), базовые поверхности некоторых приборов, приспособлений (уровни ампульные, опоры контрольных приспособлений и т.п.). Такие поверхности получают доводкой, точным шлифованием и тонким шабрением.

Степени V – VI устанавливаются для направляющих станков нормальной точности и обрабатываются шлифованием, шабрением и тонким точением.

Степени VII –VIII устанавливают для всевозможных направляющих, опорных поверхностей, поверхностей подшипников, фундаментальных рам, фланцев и т. д. Такие поверхности получаются грубым шлифованием, фрезерованием, точением.

Степени IX-X задаются на стыковочные поверхности, кронштейны вспомогательных механизмов и т.п. Они получаются фрезерованием, строганием, точением.

Степени XI – XII используют для неответственных рабочих поверхностей, получаемых различными способами механической обработки.

2. ОБЗОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ПЛОСКОСТНОСТИ

Все многообразие существующих и описанных в научно-технической литературе методов и средств контроля плоскостности, которые можно использовать для измерений среднегабаритных изделий, целесообразно разделить по физическому принципу задания измерительной базы на оптические и не оптические. В оптических средствах измерительная база, относительно которой измеряется реальное положение профиля, задается визирной осью или энергетической осью светового луча. Во всех не оптических, не смотря на разнообразие принципов действия (механический, гидравлический и др.), измерительная база задается элементами конструкции прибора.

Для контроля плоскостности чаще всего используются приборы с механическим оптическим и гидростатическим принципом преобразования измеряемой величины.

В механических приборах преобразовательный механизм построен на механическом принципе действия, т.е. преобразование малых перемещений измеряемых величин в большие перемещения на отсчетном или регистрирующем устройстве производится с помощью механических передач.

Гидростатические приборы основаны на гидравлических методах измерения. Принцип измерения заключается в сравнении плоскости, образованной поверхностью жидкости, которая всегда располагается в горизонтальном положении, с проверяемой поверхностью.

Оптические измерительные приборы представляют собой средства измерения, в которых при решении измерительной задачи главную функцию выполняют комплексы оптических элементов: объективы, окуляры, призмы, зеркала и передвигающие их рычаги, направляющие и т. п. Все оптические элементы соединяются направляемыми потоками лучей, несущими в себе измерительную функцию об измеряемой детали. Оптические приборы можно разделить на оптико-механические и оптико-электронные приборы.

Рассмотрим несколько методов контроля плоскостности, осуществляемых с помощью различных приборов.

2.1 Определение отклонений от плоскостности с помощью плит

Принцип измерения с помощью плит заключается в том, что плоскую поверхность плиты принимают за прилегающую поверхность и определяют отклонения реальной поверхности от поверхности плиты.

Размеры плит (рис.6) бывают от 250 Х 250 до 4000 Х 1600 мм (7 типов размеров).

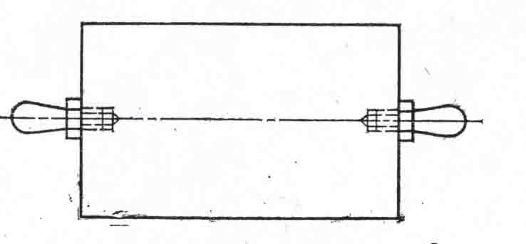


Рис.6

Материалом плит обычно является серый чугун.

В последние годы широкое распространение получили плиты, изготовленные из твердых каменных пород. Достоинством этих плит является то, что в них отсутствует внутреннее напряжение (камень необходимо добывать без взрыва). Твердость каменных плит значительно больше, чем твердость стали, что способствует повышенной стойкости таких плит к износу. Каменные плиты меньше подвержены деформации из-за измерения температуры окружающей среды, так как коэффициент теплового расширения ниже, чем у чугуна. Каменные плиты имеют коэффициент демпфирования в 15-20 раз выше, чем чугунные плиты, а это значит, что они менее чувствительны к возможным вибрациям.

Точность плит обычно нормируется либо по числу пятен краски в квадрате с размером 25Х25 мм, либо через отклонения от прямолинейности в разных направлениях.

Применение плит в большинстве случаев связано с определением плоскостности с помощью краски. Плиту покрывают тонким слоем краски (толщина слоя зависит от допуска на плоскость) и кладут на поверхность проверяемой детали. После перемещения плиты по поверхности детали (или наоборот) определяют число пятен, приходящихся на один квадрат 25Х25 мм.

Погрешность проверки примерно 3-5 мкм.

2.2 Определение отклонений от плоскостности с помощью поверочных линеек

Проверка плоскостности производится поверочными линейками типов: ШП - с широкой рабочей поверхностью прямоугольного сечения; ШД – с широкой рабочей поверхностью двутаврового сечения; ШМ - с широкой рабочей поверхностью, мостики; и УТ - угловые трехгранные (рис.7).

Линейки с широкой рабочей поверхностью выпускают трех классов точности: 0,1,2. Линейки класса 0 применяют для проверки поверхности 4-й степени точности, класса 1- для 6-й и 7-й степени точности и класса 2- для проверки поверхности 7-й и 8-й степени точности. Размеры lxb линеек различных типов имеют следующие значения: для линеек типа ШП-205х5…630х10 мм; для линеек типа ШД-630х4…4000х30 мм; для линеек типа ШМ- 400х50…3000х110 мм. Линейки с широкой рабочей поверхностью применяют для проверки плоскостности узких поверхностей методом «на краску» и методом линейных отклонений.

Угловые линейки типа УТ изготавливают длиной 400, 630 и1000 мм с двумя шабренными рабочими поверхностями, образующими угол α, равный 45, 55 и 60˚. По отклонениям граней от плоскостности эти углы делят на классы точности 0,1, и 2. Угловые линейки используют для одновременного контроля плоскостности пересекающихся поверхностями 7-й и 8-й степени точности методом «на краску».

У поверочных линеек с широкой поверхностью отклонение от плоскостности находится в пределах от 2.5 до 100 мкм.

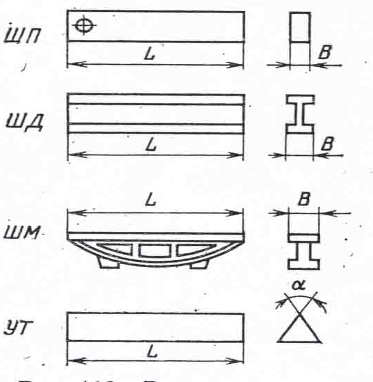


Рис.7

2.3 Определение отклонений от плоскостности с помощью уровней

Измерение отклонений от плоскостности брусковыми уровнями выполняют шаговым методом (рис.8). Сущность шагового метода заключается в последовательном измерении смещения отдельных точек проверяемой поверхности относительно предыдущей точки.

При шаговом методе контроля выбор базы зависит от конструкции прибора. При использовании шагового мостика с уровнем за базу принимают горизонтальную плоскость, проходящую через начало координат. Оси X и Y лежат в этой плоскости, а Zперпендикулярна к ней.

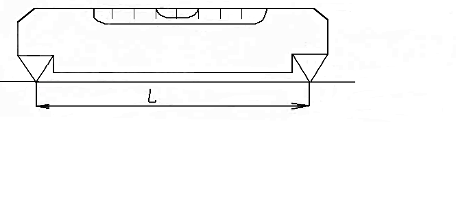


Рис.8

Проверяемую поверхность изделия устанавливают грубо в горизонтальном положении. На поверхности в заданном направлении наносят отметки 0, 1, 2, …. 23 с интервалом l=0.1 проверяемой длины. Уровень устанавливают на подставке с опорами, расстояние между которыми равно выбранному интервалу l.Схема перемещения уровня показана на рис.9.

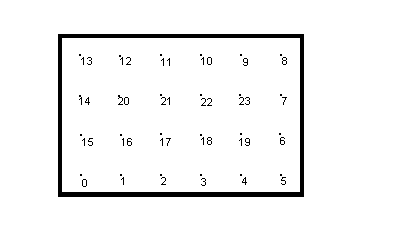


Рис.9

Сначала измерения проводят по замкнутому контуру в точках 0, 1, 2, 3, …15, 0. Затем проверяют точки 15, 16, 17, …19, 6 и 14, 20, 21, … 23, 7.

Подставку перемещают последовательно на все участки поверхности. Показания отсчитывают по обоим концам пузырька при двух положениях уровня, отличающихся на 180˚. Результирующее показание определяют по четырем отсчетам. При обработке результатов измерений учитывают наклон поверхности как в продольном, так и в поперечном направлениях.



Pi- текущие показания измерительного прибора при шаговом измерении;

i-любая из точек (на которые опираются ножки шагового мостика).

После нахождения всех точек сетки контролируемой поверхности заносят в таблицу и приступают к построению графиков в трех координатах, а затем к построению прилегающей плоскости.

2.4 Измерение отклонений от плоскостности по положению отдельных точек

Принцип измерения заключается в том, что на поверхности измеряемой детали выбирают три точки (по возможности, равномерно расположенные и разнесенные на поверхности) и принимают за исходные (базу) для отсчета положения остальных точек поверхности. При этом чаще всего принимают, что плоскость, проведенная через эти три точки, приблизительно параллельна прилегающей плоскости.

2.4.1 Механический плоскомер

Механический плоскомер (рис.10) устанавливают вертикально на измеряемую поверхность, при этом он имеет две поворотные оси I и II.

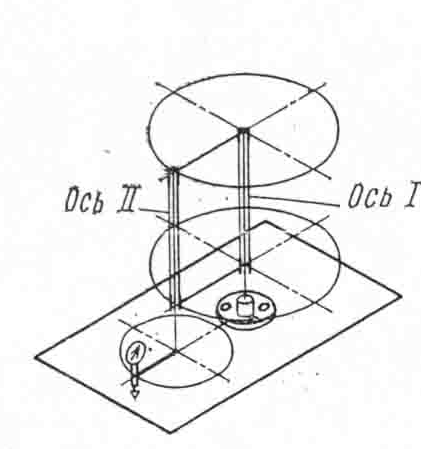


Рис.10

На оси II с помощью кронштейна установлена измерительная головка, которая может поворачиваться вокруг своей оси, Ось II подвешена на кронштейне к оси I, которая также поворачивается.

При измерении плоскомер устанавливают в середине измеряемой поверхности, после этого регулировкой основания оси I добиваются положение плоскомера, при котором показания измерительной головки во всех трех точках были бы одинаковы, затем измеряют положение других точек поверхности относительно базовой плоскости.

2.4.2 Оптико-механический плоскомер

Оптико-механический плоскомер (рис.11) по принципу действия аналогичен механическому, но в нем использован оптический способ преобразования.

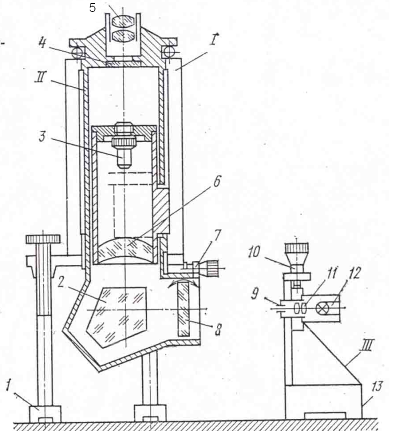


Рис.11

Плоскомер состоит из неподвижной I и поворотной II частей. Неподвижная часть, устанавливаемая на измеряемую поверхность, имеет объектив 6 и микрообъектив 3. Неподвижную часть устанавливают на трех точках с помощью постоянных магнитов 1 (аналогично штативу с магнитным основанием). Положение плоскомера можно регулировать по высоте. Поворотная часть плоскомера имеет окуляр 5 с сеткой 4, пента-призму 2 и плоскопараллельную пластину 8. Визирная марка III (в комплект плоскомера входит четыре марки) содержит источник света 12, конденсор 11 и точечную диафрагму 9. Узел с этими элементами может смещаться по высоте микрометрической парой 10, а фиксироваться на измеряемой поверхности с помощью постоянного магнита 13.

При измерении, как и в случае механического плоскомера, выбирают три точки на измеряемой поверхности и регулировкой опор плоскомера добиваются изображение всех трех светящихся точек в центре перекрестий сетки и прибора. После этого четвертую марку устанавливают в любую точку измеряемой поверхности и определяют отклонение ее положения от базовой плоскости по изменению изображения светящейся точки в поле зрения. Совмещение с центром сетки достигается поворотом плоскопараллельной пластины 8, а величину смещения определяют по микрометрической паре 7.

2.5 Гидравлические методы измерения плоскостности

Принцип измерения заключается в сравнении плоскости, образованной поверхностью жидкости, которая всегда располагается в горизонтальном положении, с проверяемой поверхностью.

2.5.1 Метод свободно налитой жидкости

Метод свободно налитой жидкости заключается в том, что на проверяемую поверхность устанавливают резервуар с жидкостью (рис.12).

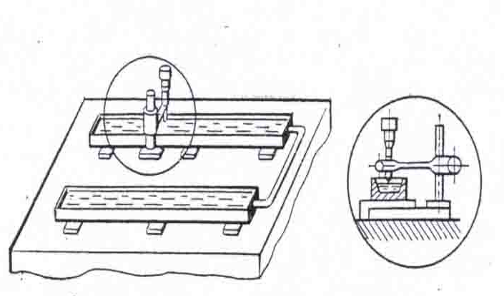


Рис.12.

Вместе с резервуаром в свободные места на измеряемую поверхность устанавливают стойку с закрепленной на нее микропарой, у которой конец микровинта сделан в виде иглы. Вращением микровинта измеряют размер по микропаре при соприкосновении иглы с поверхностью жидкости (момент касания замечают по изгибу мениска или по замыканию электрической цепи). По разновидности отсчетов в разных точках плоскости судят о положении одной точки поверхности относительно другой.

Погрешность измерения в основном оказывает влияние непостоянство атмосферного давления на измеряемой поверхности (перепад давления в одну миллионную от нормального атмосферного давления создает разность уровней на открытой поверхности воды 0.01 мм).

2.5.2 Метод сообщающихся сосудов

Метод сообщающихся сосудов реализован в специальных измерительных средствах, получивших название гидростатические уровни (рис.13).

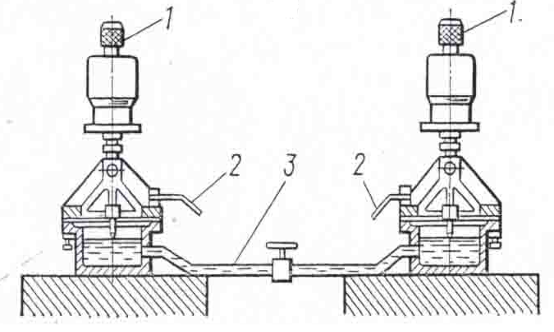


Рис.13.

Уровень состоит из двух и более измерительных головок (рис.14) – резервуаров, соединенных между собой гибкими шлангами. Измерительная головка (рис.13 и14) представляет собой небольшой закрытый резервуар, в верхней части которого установлена микропара 1, которая в принципе представляет собой специальную конструкцию микрометрического глубиномера.

В нижней части головки имеют канал для соединения между собой с помощью шлангов 3 (рис.13). Измерительные головки вместе с нижним шлангом образуют систему сообщающихся сосудов. С помощью верхних шлангов 2 создается воздушная сеть для изолированной системы с одинаковым давлением в резервуарах.

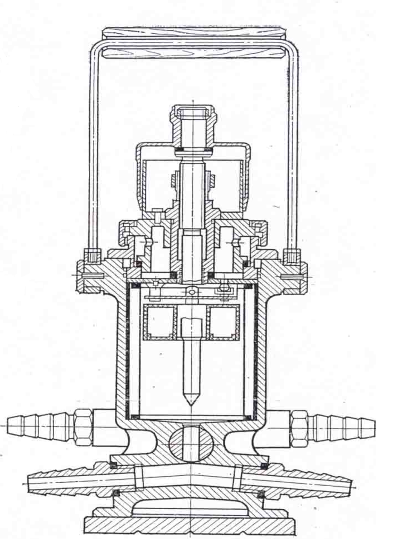


Рис.14.

При измерении с помощью двух головок одну из них располагают в какаой-либо точке измеряемой поверхности, а вторую переставляют в другие измеряемые точки поверхности и каждый раз снимают отсчет по обоим микровинтам. Длина измеряемых поверхностей до 12 и до 24 м.

Погрешность измерения не превышает обычно ±0.01 мм.

2.6 Измерение отклонений от плоскостности с помощью оптико-механических приборов

Принцип измерения плоскостности с помощью оптико-механических приборов заключается в использовании луча света в качестве прямой линии и измерений либо положения этой прямой, либо положение точек профиля от этой прямой.

2.6.1Измерение отклонений от плоскостности коллимационным и автоколлимационным методами

Автоколлиматоры и коллиматоры применяются для измерения плоскостности шаговым методом и методом оптического визирования.

При измерении шаговым методом (рис.15.) на проверяемую поверхность накладывают подставку с двумя опорами, на которой укреплено плоское зеркало 1; автоколлиматор 2 устанавливают рядом с проверяемой поверхностью. Ось автоколлиматора должна быть перпендикулярна к зеркалу и находиться на одной высоте с осью зеркала. В этом случае отраженное от зеркала изображение марки автоколлиматора (прозрачное перекрестие на темном поле или др.) занимает осевое положение в поле зрения окуляра.

При перемещении подставки с зеркалом по проверяемой поверхности отклонения от плоскостности вызывают наклоны зеркала, в результате чего изображение марки смещается. Измеряя смещение изображения марки, определяют отклонения точек профиля проверяемой поверхности. Зеркало перемещают каждый раз на расстояние, равное расстоянию между опорами подставки.

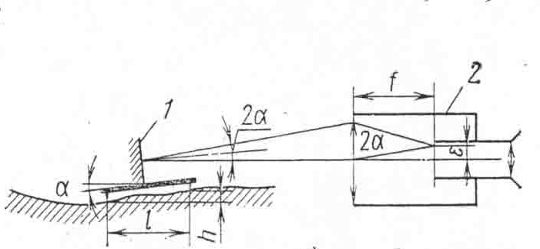


Рис.15 Измерение отклонений от плоскостности коллимационным методом.

При измерении методом оптического визирования автоколлиматор используют как простая зрительная труба, а вместо зеркала применяется визирная марка (освещенное перекрестие), устанавливаемая в отдельных точках проверяемой поверхности. Смещение перекрестия, вызываемые отклонениями от плоскостности, отсчитываются по шкале окуляр-микрометра автоколлиматора.

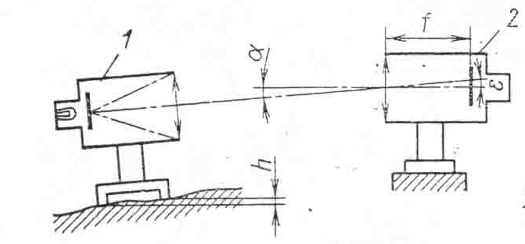


Рис.16 Измерение отклонений от плоскостности автоколлимационным методом

При использовании коллиматора визирную трубу прибора устанавливают рядом с проверяемой поверхностью, а по поверхности перемещают подставку с коллиматором или марку.

2.6.2 Измерение отклонений от плоскостности методом визирования

Принцип измерения плоскостности методом визирования заключается в измерении расстояния от реальной (истинной) поверхности до оптического луча (до оси зрительной трубы).

На методе визирования основан специальный прибор, который называется оптической струной (рис.17).

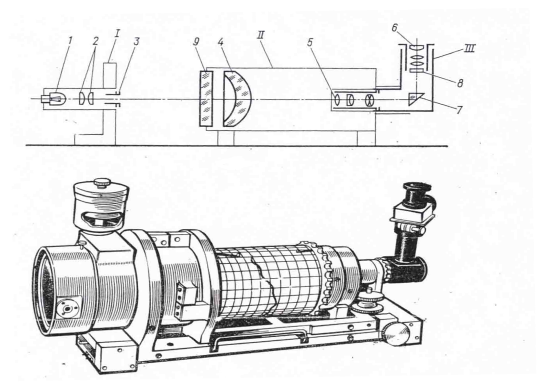


Рис.17.

Оптическая струна состоит из марки I зрительной трубы, включая визирную трубу II и наблюдательный телескоп III. Точечная марка I состоит из лампы 1, нить которой изображается коллектором 2 на точечной диафрагме 3. Марка снабжена пятью точечными диафрагмами для работы на разных расстояниях. Визирная труба состоит из сферического объектива 4 и наблюдательного микроскопа III, снабженного двумя сменными микрообъективами и двумя окулярами с перекрестиями и круговыми сетками. Призма 7 предназначена для измерения направления лучей с целью удобства работы. Изображение диафрагмы 3 точечной марки I с тем или иным увеличением в зависимости от расстояния проектируется объективом 4 в предметную плоскость микроскопа III, микрообъектив 5 которого переносит изображение в плоскость окулярной сетки 8, где его рассматривает оператор через окуляр 6.

Плоскопараллельная пластина 9 является оптическим компенсатором, ее наклоны позволяют измерять смещение точечной диафрагмы 3 с оптической оси.

По проведенному обзору методов и приборов контроля плоскостности можно сделать выводы.

В основу методов и приборов, применяемых в настоящее время для высокоточного контроля плоскостности, положены механические и оптические принципы. Однако только оптические приборы и методы могут обеспечить высокую точность контроля плоскости и поверхностей большого протяжения.

Механические методы в основном применяются в машиностроении и станкостроении.

При контроле плоскостности с помощью поверочных плит погрешность измерения имеет большой разброс. Она обусловлена не только отклонением формы контролируемой поверхности, но и состоянием поверхности поверочной плиты.

При контроле плоскостности с помощью уровня основными недостатками метода является большая чувствительность к температурным колебаниям.

Оптические методы измерения плоскостности имеют широкое распространение и отличаются универсальностью и надежностью контроля.

Оптические методы контроля плоскостности можно разделить на оптико-механические и оптико-электронные методы.

К оптико-механическим относят измерение отклонений от плоскостности коллимационным и автоколлимационным методам, метод визирования.

Оптико-электронные методы осуществляются с помощью визуальных и фотоэлектронных автоколлиматоров. Оптико-электронными называются приборы, позволяющие получать информацию о геометрических параметрах, пространственном положении и энергетическом состоянии излучающего объекта с помощью энергии излучения, преобразованной в электрический сигнал с последующей его отработкой и регистрацией. Информация об исследуемых объектах переносится оптическим излучением, а первичная обработка сопровождается преобразованием энергии оптического излучения в электрическую при помощи приемника оптического излучения.

Оптико-электронные приборы и методы являются на сегодняшний день самыми перспективными.

**Лекция 8-9**

Обследование мостов — неотъемлемый этап в обеспечении безопасности дорожного движения и сохранности мостовых сооружений. Этот процесс позволяет выявлять потенциальные угрозы и предотвращать аварийные ситуации, связанные с поражением мостов, а также оптимизировать затраты на их ремонт и реконструкцию.



**Задачи**

Задачи и цели технической экспертизы и технического обследования мостов:

* Определение текущего состояния. Основной целью является выявление дефектов, износа и других неисправностей, которые могут привести к снижению надежности моста.
* Оценка нагрузок и динамических воздействий. Анализируются данные о трафике, нагрузках, климатических условиях для определения воздействия на мостовое сооружение.
* Прогнозирование сроков службы. На основе результатов обследования делается оценка оставшегося ресурса моста и необходимости проведения ремонтных работ или реконструкции.
* Разработка рекомендаций по эксплуатации и обслуживанию. На основе данных обследования специалисты вырабатывают рекомендации для дальнейшей эксплуатации моста, минимизируя риски возникновения проблем.

**Обследование мостов и мостовых сооружений: основные аспекты**

Проведение обследования мостов и искусственных [сооружений](https://expertpgs.ru/services/obsledovanie/)проводится с использованием различных методов и технологий. Специалисты обращают внимание на следующие аспекты:

* Визуальное обследование: оценка видимых дефектов, трещин, коррозии и других повреждений.
* Измерительные работы: применение геодезических и лабораторных методов для определения геометрических параметров и физических свойств материалов.
* Дефектоскопия: использование специализированного оборудования для выявления скрытых дефектов, таких как трещины внутри бетонных конструкций.
* Оценка структурной надежности: математическое моделирование и анализ для определения прочности и устойчивости моста при различных нагрузках.

**Порядок проведения обследования мостов и искусственных сооружений**

Четко структурированный порядок действий при экспертизе и обследовании конструкций мостов играет ключевую роль в получении точной картины об их техническом состоянии. Вот основные этапы и мероприятия по определению технического состояния мостов:

1. Предварительная подготовка:
   * Сбор и анализ исходной документации о сооружении: проекты, чертежи, результаты предыдущих обследований.
   * Определение основных задач и целей текущего обследования.
2. Визуальный осмотр:
   * Проведение общего осмотра сооружения для выявления визуальных дефектов, коррозии, трещин и других повреждений.
   * Изучение состояния защитных покрытий и элементов дренажа.
3. Измерительные работы:
   * Использование геодезического и измерительного оборудования для определения геометрических параметров, углов наклона, высот и других характеристик.
   * Определение физических свойств материалов и структурных элементов.
4. Детальный анализ состояния:
   * Применение специализированных методов, таких как дефектоскопия, для выявления скрытых дефектов.
   * Оценка состояния арматурных элементов, бетонных конструкций, сварочных соединений и других критически важных узлов.
5. Анализ данных и разработка рекомендаций:
   * Обработка полученной информации, составление отчета о состоянии сооружения.
   * Формирование рекомендаций по дальнейшей эксплуатации, ремонту или реконструкции мостов и искусственных сооружений.
6. Составление отчета и представление результатов:
   * Подготовка документации с описанием всех выявленных дефектов, анализом состояния и предложениями по действиям.
   * Представление результатов обследования заказчику и заинтересованным сторонам.

**Методы инструментального и лабораторного исследования мостов**

При обследовании мостов применяется множество инструментальных и лабораторных методов, которые позволяют детально оценить состояние конструкции и выявить потенциальные проблемы. Рассмотрим основные виды и методы их применения:

**Виды инструментального исследования**

* **Дефектоскопия**. Используется для выявления скрытых дефектов в материалах, таких как трещины или коррозия.
* **Ультразвуковая диагностика**. Применяется для оценки толщины материалов, выявления внутренних дефектов и анализа структуры материала.
* **Тепловизионный контроль**. Позволяет определить участки с повышенными температурными нагрузками или скрытыми дефектами на основе различий температур.
* **Геодезическое обследование**. Используется для определения геометрических параметров моста, таких как уклон, высота, горизонтальные и вертикальные отклонения.

**Методы инструментального и лабораторного исследования**

* **Испытание бетона на прочность**. Лабораторное тестирование образцов бетона на сжатие, растяжение и другие характеристики.
* **Анализ состава материалов**. Лабораторные методы для определения состава и качества материалов, используемых в конструкции.
* **Механические испытания**. Лабораторные тесты на усталость материалов, определение их деформируемости и прочностных характеристик.
* **Химический анализ**. Определение уровня коррозии, содержания влаги, солей и других агрессивных веществ в структурных элементах.

**Результаты обследования мостов**

После проведения комплексного обследования мостовых сооружений и анализа данных, инженеры и эксперты готовят подробный отчет, который отражает текущее техническое состояние объекта, а также рекомендации по дальнейшим действиям. Рассмотрим ключевые моменты результатов такого обследования:

1. Описание текущего состояния:
   * Подробное описание выявленных дефектов, повреждений, требующих внимания.
   * Анализ степени износа различных элементов конструкции и оценка их влияния на общую прочность и надежность моста.



1. Оценка рисков:
   * Анализ потенциальных угроз безопасности и возможных аварийных ситуаций, связанных с текущим состоянием моста.
   * Определение приоритетности работ и рекомендаций на основе степени критичности выявленных дефектов.
2. Рекомендации и меры по устранению:
   * Формирование конкретных предложений по проведению ремонтных работ, модернизации или реконструкции отдельных элементов или всего сооружения.
   * Советы по оптимизации эксплуатационных режимов, мерам по предотвращению дальнейшего развития дефектов и увеличению срока службы моста.
3. Дополнительные рекомендации:
   * Предложения по использованию новых материалов, технологий или методов конструкции для улучшения надежности и долговечности моста.
   * Рекомендации по проведению регулярного мониторинга состояния сооружения для своевременного выявления и устранения возможных дефектов.

Компания "Департамент", занимается комплексными услугами, направленными на экспертизу и обследование конструкций мостов и искусственных сооружений, а также обследование различных зданий. Гарантом высокого профессионализма и надежности могут выступать:

* Сертификация и допуски. Компания обладает всеми необходимыми сертификатами и допусками, подтверждающими квалификацию специалистов и соответствие стандартам качества.
* Мы предоставляем гарантии на все проведенные работы, обеспечивая полное соответствие выполненных работ установленным требованиям и стандартам.
* Сопровождение экспертизы. "Департамент" осуществляет официальное сопровождение экспертизы на всех этапах, обеспечивая прозрачность и законность проводимых процедур.
* Соблюдение сроков. Нами строго соблюдаются все сроки, указанные в договоре, обеспечивая своевременное выполнение работ без задержек и простоев.
* Лаборатория компании оснащена самым современным оборудованием, что позволяет проводить более 190 видов различных испытаний в сфере строительства, адаптируясь под любые задачи и требования заказчика.

Контрольные измерения и инструментальные съемки

Согласно **СП 79.13330.2012** МОСТЫ И ТРУБЫ. ПРАВИЛА ОБСЛЕДОВАНИЙ И ИСПЫТАНИЙ

5.1 Основной задачей обследования мостов и труб перед вводом их в эксплуатацию является установление соответствия сооружений утвержденному проекту и требованиям действующих нормативных документов. Обследование может включать испытания (полные или частичные) с целью уточнения напряженно-деформированного состояния и фактической грузоподъемности. Основными задачами обследований эксплуатируемых мостов и труб являются выявление их фактического состояния, проверка соответствия установленным требованиям, уточнение их грузоподъемности, определение условий дальнейшей эксплуатации. Обследования эксплуатируемых сооружений следует проводить также для решения специальных задач (разработки проектов ремонта, капитального ремонта или реконструкции сооружений, пропуска тяжеловесных транспортных средств и т.д.). (Измененная редакция, Изм. N 1).

5.2 Различают следующие виды обследований и испытаний: а) приемочные, после завершения строительства (реконструкции, капитального ремонта); б) периодические (в том числе диагностика), регулярно не реже одного раза в 5-7 лет, в зависимости от сложности конструкций и состояния моста или трубы, для выявления их фактического состояния, проверки соответствия установленным требованиям, уточнения их грузоподъемности и определения условий дальнейшей эксплуатации; в) в целях разработки проекта ремонта, капитального ремонта или реконструкции и определения объемов ремонтных работ; г) специальные, для оценки состояния отдельных конструктивных элементов (в т.ч. фундаментов) или поведения моста под нагрузками и воздействиями. (Измененная редакция, Изм. N 1, 3).

5.3 При обследовании мостов и труб выполняются следующие основные виды работ: а) ознакомление с технической документацией; б) визуальный осмотр с составлением ведомостей дефектов, недоделок и повреждений; в) контрольные измерения и инструментальные съемки; г) обработка и анализ результатов с выдачей рекомендаций по эксплуатации сооружения.

Осмотр сооружений

5.9 При осмотре сооружения основное внимание следует уделять выявлению в элементах конструкций дефектов и повреждений (например, трещин, сколов, погнутостей и выпучиваний, расстройств в стыковых соединениях и прикреплениях элементов, коррозионных повреждений, разрушений откосов конусов, струенаправляющих и берегоукрепительных дамб, повреждений водоотвода, гидроизоляции, деформационных швов, уравнительных приборов и других элементов мостового полотна или верхнего строения пути). Необходимо также выявлять в конструкциях места, где вследствие неизбежного скопления грязи, воды, снега, льда возможно интенсивное развитие различных неблагоприятных явлений (коррозионных процессов, замораживания и оттаивания бетона, гниения древесины и др.).

5.11 Обнаруженные дефекты и повреждения должны быть с необходимой полнотой описаны в материалах обследований с указанием времени выявления и возможных причин появления. Наиболее опасные, а также характерные повреждения и дефекты должны быть отражены в эскизах (фотографиях).

5.12 Контрольные проверки генеральных размеров сооружения и размеров поперечных сечений, стыков и прикреплений проводятся для оценки соответствия фактических геометрических характеристик сооружения характеристикам, указанным в проектной, исполнительной или эксплуатационной технической документации. Вид и необходимый объем проводимых контрольных измерений назначает руководитель работ после ознакомления с технической документацией и осмотра сооружения. (Измененная редакция, Изм. N 1).

5.13 При обследовании мостов съемки с помощью геодезических инструментов проводят в целях: оценки условий движения по сооружениям (или под ними) транспортных средств и определения соответствия этих условий установленным требованиям; выявления качества монтажных работ (на вновь построенных сооружениях); проверки величин уклонов, предусмотренных в сооружении; геодезического закрепления положения отдельных частей и элементов сооружения для фиксации при последующих обследованиях изменений (в том числе деформаций), возникающих в процессе эксплуатации сооружения.

5.14 С помощью геодезических инструментов в характерных точках сооружения следует устанавливать: а) на железнодорожных мостах и на мостах под пути метрополитена: продольный профиль рельсового пути (по каждой нитке); план рельсового пути (с привязкой его к оси моста или к осям пролетных строений); продольные профили главных ферм (балок) пролетных строений; план главных ферм (балок) пролетных строений при приемке мостов в эксплуатацию и в других случаях при обнаружении их смещения в плане; высотное расположение характерных частей опор моста (подферменников, ригелей, обрезов фундаментов и пр.);

б) на автодорожных и городских мостах: продольные профили проезжей или прохожей части (на пешеходных мостах); поперечные профили проезжей (прохожей) части и тротуаров; продольные профили главных ферм (балок) пролетных строений; план главных ферм (балок) пролетных строений; высотное расположение характерных частей опор моста. Необходимые виды инструментальных съемок, количество створов, поперечников и точек, по которым проводят съемки, намечают в программе обследований и уточняют на месте с учетом указаний, содержащихся в 5.13, а также задач, поставленных в программе, конструктивных особенностей сооружения, наличия и результатов проведенных ранее инструментальных съемок и других обстоятельств.

5.15 При проверке высоты подмостового габарита путепроводов и эстакад следует проводить непосредственные замеры с выявлением минимальных значений. 5.16 Инструментальные съемки следует проводить по надежно зафиксированным точкам или по долговременным маркам (в случае длительных специальных наблюдений) и при благоприятных погодных условиях (4.10). Высотные отметки следует, как правило, увязывать с постоянными геодезическими реперами. В материалах по инструментальным съемкам необходимо указывать время проведения съемок, погодные условия, типы и точность применяемых геодезических инструментов, использованные реперы. 5.17 В необходимых случаях (например, при обнаружении просадок или наклонов опор, смещении пролетных строений, развитии трещин, возрастании овальности круглых труб и др.) организация, эксплуатирующая сооружение, устанавливает специальные долговременные марки для ведения мониторинга. Виды и периодичность измерений устанавливаются специальной программой работ в зависимости от характера и прогнозируемой скорости протекания изучаемых явлений.

6 Испытания мостов

Общие требования

6.1 Испытания мостов и труб проводят с целью контроля их напряженно-деформированного состояния, выявления особенностей работы и соответствия их проектным параметрам и расчетам. Различают следующие виды испытаний: статические, динамические и обкатка.

6.2 До начала испытаний или обкатки должно быть проведено обследование сооружения в объеме, позволяющем: установить возможность загружения сооружения испытательной нагрузкой (отсутствие недоделок, снижающих несущую способность сооружения, препятствий на пути передвижения нагрузки и др.); определить предельно допустимую величину испытательной нагрузки (с учетом норм проектирования и имеющихся в конструкциях дефектов и повреждений); зафиксировать состояние сооружения для возможности выявления изменений, произошедших в результате проведенных загружений; наметить условия движения нагрузки при динамических испытаниях (с учетом плана и профиля пути, наличия и расположения на проезде неровностей и др.).

6.3 Параметры применяемых механических приборов и электронных измерительных систем (точность, пределы измерений, частотные характеристики и др.), способы их установки и используемые установочные приспособления должны позволять получать стабильные показания измеряемых величин с необходимой точностью.