

А.Ф.Котлов

ДОПУСКИ  
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ  
ПРИ МОНТАЖЕ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ

---



ББК 38.638  
К 73  
УДК 69.058(075.32)

Рецензенты: канд. техн. наук В. Ф. Капустин,  
инж. Б. Я. Мойжес

**Котлов А. Ф.**

**К 73 Допуски и технические измерения при монтаже  
металлических и железобетонных конструкций:  
Учеб. для техникумов. — М.: Стройиздат, 1988. —  
304 с.: ил.**

**ISBN 5-274-00020-7**

Рассмотрены требования нормативно-технической документации по обеспечению точности монтажа металлических и железобетонных конструкций. Даны рекомендации по выбору средств измерений; своевременному и повсеместному контролю за соблюдением геометрических параметров в узлах технологической цепочки операций монтажного процесса. Изложены основы расчета точности конструкций.

Для учащихся техникумов, обучающихся по специальности «Монтаж металлических и железобетонных конструкций».

К 3204000000—497  
047(01)—88 Св. пл. вып. для ср. спец. учеб. заведений, 49—88.  
**ББК 38.638**

**ISBN 5-274-00020-7**

*Учебник*

**КОТЛОВ АЛЕКСАНДР ФИЛИППОВИЧ**

**ДОПУСКИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ МОНТАЖЕ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Редакция литературы по организации управления строительством

Зав. редакцией П. И. Филимонов

Редактор Л. П. Рагозина

Мл. редактор О. В. Блинкова

Художественный редактор О. Е. Осташева

Технический редактор М. Г. Ангерт

Корректор Т. Г. Бросалина

**ИБ № 3993**

---

Сдано в набор 26.03.87. Подписано в печать 13.10.87. Т-17367.  
Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub> Бумага офс. № 2. Гарнитура «Литературная» Печать  
офсетная. Усл. печ. л. 15,96 Усл. кр.-отг. 16,17. Уч.-изд. л. 17,25.  
Тираж 32.000 экз. Изд. № А111-1273. Заказ 258. Цена 85 коп.

---

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а  
Московская типография № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комите-  
те СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли  
129041, Москва, Б. Переяславская, 46.

© Стройиздат, 1988

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Высокие темпы строительного производства, которые необходимы для выполнения заданий по капитальному строительству, намеченных Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года и утвержденных XXVII съездом КПСС, могут быть достигнуты решением комплекса задач, в том числе проведением дальнейшей индустриализации строительного производства и улучшения технологии монтажа сборных элементов зданий и сооружений. Решение этих задач наряду с повышением эффективности капитальных вложений и совершенствованием строительного производства и проектно-сметного дела должно обеспечить повышение производительности труда в строительстве на 21% за двенадцатую пятилетку.

Одним из существенных резервов сокращения сроков сооружения объектов и повышения производительности труда является соблюдение обязательной технологии производства в отношении точности изготовления и монтажа металлических и железобетонных строительных конструкций. В этих условиях эффективность строительства находится в прямой зависимости от обеспечения собираемости конструкций, основанной на принципе их взаимозаменяемости. Сборка производственных зданий без дополнительной подгонки и исправления элементов каркаса должна обеспечиваться изготовлением сборных элементов и производством разбивочных и монтажных работ с заданной проектом или строительными нормами и правилами точностью.

Увеличивающиеся темпы сборного строительства и сложность конструктивно-компоновочных решений зданий и сооружений придают вопросам точности геометрических параметров особо важное значение, так как от соблюдения их точности зависят прочность, надежность, долговечность конструкций и, следовательно, эксплуатационные свойства зданий и сооружений.

## ВВЕДЕНИЕ

Монтаж металлических и железобетонных конструкций, определяющий темпы строительства для многих зданий и сооружений, является в настоящее время ведущим процессом. Следовательно, помимо знания технологических качеств конструкций, членения их на конструктивные элементы, характеристики сопряжений, комплектности конструкций и возможностей монтажных средств, монтажник должен:

знать требования нормативно-технической документации по точности сборки конструкций;

уметь контролировать правильность размеров и форм поступающих на монтажную площадку сборных конструкций;

выполнять несложные разбивочные работы;

осуществлять выверку (горизонтального и вертикального положения) конструкций в процессе их установки;

производить контрольные измерения положения установленных конструкций и, при необходимости, выполнять исполнительные съемки.

Неуклонно возрастающий объем промышленного строительства, повышение сборности зданий и сооружений, укрупнение монтажных блоков требуют квалифицированных организаторов монтажного производства (мастеров и производителей работ), обладающих необходимым уровнем технических знаний и профессиональной подготовки и умеющих сочетать их в своей производственной деятельности.

В связи с этим в учебнике нашли отражение:

современные требования нормативно-технической документации по обеспечению точности монтажа металлических и железобетонных конструкций;

вопросы квалифицированной постановки, продуманной организации технических измерений как составной части технологического процесса монтажа конструкций, а также рекомендации по выбору приборов и приспособлений для измерения;

вопросы своевременного и повсеместного контроля за соблюдением геометрических параметров в узлах технологической цепочки монтажных операций.

Для коренного улучшения качества возводимых объектов необходимо, чтобы монтажники выполняли работу без дефектов и подвергали ее самоконтролю.

Организационно-технической основой повышения качества монтажа является совершенствование инструментального обеспечения и контроля точности технологических операций, внедрения новых приборов, прогрессивной технологии измерений на базе принципа технического нормирования и стандартизации.

В целях лучшего понимания и усвоения материала отдельные сложные вопросы изложены с некоторыми упрощениями и обобщениями. Так, вопросы собираемости конструкций и регламентации допусков на их монтаж рассмотрены на основе составления размерных цепей и решений уравнений точности.

В учебнике также приведены:

сведения о единицах измерений и их исходных эталонах, а также единстве мер и организации поверки измерительных средств;

рекомендации по выбору средств измерений (с указанием их метрологических показателей) и методов измерений;

источники и причины возникновения неизбежных погрешностей измерений и пути ослабления их влияния на конечный результат;

расчет точности и выбор технических средств на основе сопоставления возможных погрешностей измерений с величинами допусков на монтажные работы.

В учебнике отражены основные приемы, методы и средства технических измерений, сопутствующие входному контролю при получении конструкций от заводов-изготовителей, а также при производстве строительно-монтажных операций в период возведения зданий и сооружений. При этом, по возможности, учтены требования действующих инструкций, технических условий, указаний, строительных норм и правил.

## **ГЛАВА I. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ СБОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНСТРУКЦИЙ**

### **1. Основные цели и задачи индустриализации строительства**

В современном промышленном строительстве монтаж сборных железобетонных и стальных конструкций стал ведущим процессом. Строительство все больше превращается в непрерывный процесс сборки зданий и сооружений из укрупненных конструкций, деталей и узлов заводского изготовления с использованием современных средств механизации и автоматизации строительных процессов. При этом основой технического прогресса в строительстве и условием коренного улучшения технико-экономических показателей работы монтажных организаций является индустриализация, основная цель которой заключается в ускорении темпов и сокращении продолжительности строительства, в снижении его себестоимости при улучшении качества работ и повышении производительности труда. Перенесение значительной части строительных процессов в заводские условия позволяет облегчить и улучшить условия труда и механизировать монтажные работы на объекте, сократить затраты труда и улучшить качество технологических процессов и строительной продукции. *Под уровнем сборности понимают отношение стоимости сборных конструкций и деталей к общей стоимости всех строительных материалов, деталей и конструкций, необходимых для возведения зданий и сооружений.* Показатель уровня сборности является одним из основных показателей уровня индустриализации, определяемого отношением объема выполненных строительно-монтажных работ (в сметных ценах) на объектах полносборного строительства механизированным способом к общему объему строительно-монтажных работ.

Индустриализация предусматривает выпуск сборных конструкций полной заводской готовности и доставку их на строящийся объект по графику в технологической последовательности их монтажа. Это позволяет вести монтаж непосредственно с транспортных средств («монтаж с колес»), по часовому графику, подавая краном каждую конструкцию на предусмотренное проектом место. При этом обязательно контролируют качество поступающих конструкций (входной контроль). Такая организация работ способствует пре-

вращению строительной площадки в монтажную, что накладывает дополнительные требования к технологии изготовления конструкций (по точности соблюдения размеров и формы), их установке в проектное положение и выполнению разбивочных работ.

Важнейшей задачей индустриального строительства на современном этапе и на ближайшую перспективу является повышение качества и эффективности строительно-монтажных работ. Качественное возведение зданий может быть достигнуто только путем обеспечения установленных проектом параметров, а также соблюдением допусков при изготовлении и монтаже строительных конструкций и на разбивочные работы. Для этих целей разработана и утверждена система технологических допусков в строительстве (ГОСТ 21779—82) в виде закономерно построенной совокупности допусков на изготовление и установку элементов, а также на выполнение разбивочных работ. Обеспечение геометрической точности во многом определяет такие важные показатели эффективности строительного производства, как сдача возводимых объектов в срок, заводская и построечная трудоемкость технологических процессов, а также стоимость строительства.

Практикой строительства производственных зданий и сооружений подтверждено, что недопустимые отклонения в размерах сборных элементов, большие погрешности при разбивке осей и монтаже конструкций ведут к подгонке замыкающих сборных элементов по месту. Последнее приводит к дополнительным, не предусмотренным проектом, затратам труда, времени, материалов, пагубно сказываясь на производительности труда и стоимости строительства.

## **2. Пути повышения качества и эффективности монтажных работ**

Систематическое повышение качества строительной продукции является обязательным требованием дальнейшего развития экономики нашей страны и оказывает существенное влияние на ускорение технического прогресса.

Вопросы управления строительно-монтажным производством неразрывно связаны с управлением качеством. *Управление качеством строительно-монтажных работ — это обеспечение и поддержание необходимого (запроектированного) уровня качества строительной продукции (зданий,*

сооружений, их комплексов и отдельных элементов) при ее создании и эксплуатации. Обеспечение и поддержание уровня качества осуществляется на основе результатов контроля качества продукции путем целенаправленного воздействия на влияющие на него условия и факторы. *Качество продукции — это совокупность ее свойств, обуславливающих ее способность удовлетворять определенным потребностям в соответствии со своим назначением, а уровень качества — относительная характеристика, основанная на сравнении совокупности показателей качества продукции с соответствующей совокупностью базовых показателей* (т. е. на сравнении с показателями качества аналогичной продукции, принятой за эталон).

Под строительно-монтажными работами следует понимать всю совокупность работ, выполняемых при возведении зданий и сооружений во всех отраслях строительства. К ним относят все общестроительные работы (земляные, каменные, бетонные, железобетонные, кровельные, отделочные и пр.), монтажные (установка и сборка металлических, железобетонных, деревянных и других конструкций), санитарно-технические работы, а также планировочные, мелиоративные, работы по озеленению и благоустройству территории строительства, дноуглубительные и др.

Брак строительной продукции, характеризующийся несоответствием ее требованиям нормативной и проектной документации и порождающий различного рода доделки и исправления некачественно выполненных работ, а иногда и выход из строя отдельных конструкций и целых сооружений вследствие появления недопустимых деформаций или их обрушения, наносит ущерб народному хозяйству страны. Так, по данным Госархстройконтроля при Мосгорисполкоме, стоимость работ по доделкам и исправлениям достигает ежегодно 3 % сметной стоимости строительства, а в течение первых 2—3 лет эксплуатации на ремонтные работы дополнительно затрачивается еще около 3 %.

В настоящее время качество строительства производственных зданий еще не соответствует всем предъявляемым требованиям. Согласно проведенным исследованиям наибольшее число дефектов (60—70 %) образуется за счет неудовлетворительного выполнения строительно-монтажных работ; примерно 20—25 % — из-за применения некачественных материалов, изделий и сборных конструкций, остальные дефекты (8—15 %) приходятся на просчеты в рабочих чертежах.



В сборном строительстве вопросы улучшения качества возводимых зданий и сооружений неразрывно связаны с обеспечением точности сборки металлических и железобетонных конструкций.

Проведенные институтами Госстроя СССР обследования позволили выявить следующую картину распределения нарушений требований государственных стандартов по группам показателей для готовых изделий из железобетона, %:

технические требования . . . . .	89,8
методы приемки и испытаний . . . . .	4,4
маркировка . . . . .	1,9
паспортизация . . . . .	1,9
хранение, транспорт, складирование . . . . .	2

При этом распределение нарушений государственных стандартов по техническим требованиям в процентном отношении характеризуется следующим образом:

физико-механические характеристики . . . . .	9,8
показатели геометрической точности . . . . .	28,2
показатели внешнего вида . . . . .	46,4
остальные показатели (материалы, комплектация и др.) . . . . .	5,4

Следовательно, наиболее значительные доли при распределении нарушений требований государственных стандартов приходится на показатели внешнего вида железобетонных изделий (46,4 %) и на показатели геометрической точности (28,2 %).

По наблюдениям последних лет, нарушение технических требований представляется следующим распределением, %:

недопустимые отклонения геометрических размеров . . . . .	31
некачественные поверхности . . . . .	30
увеличение плотности . . . . .	11
смещение закладных деталей . . . . .	10,6
заниженная прочность . . . . .	9
оголение арматуры . . . . .	5
повышенная влажность и заниженная морозостойкость . . . . .	3,4

Таким образом, нарушения геометрических размеров изделий являются наиболее распространенным дефектом.

По данным исследований, выполненных ВНИПИпромстальконструкция, удельный вес трудозатрат на подгонку конструкций по месту установки достигает 38 %. Главной причиной высокой трудоемкости сборки, наряду с не-

совершенством конструктивных решений, является в ряде случаев, низкое качество изготовления и установки конструкций и выполнения геодезических разбивок. Поэтому повышение точности изготовления и монтажа конструкций является не только важным фактором повышения прочности, надежности и долговечности зданий и сооружений, но и ведет к снижению трудовых и материальных затрат на переделки в процессе возведения и на этапе эксплуатации зданий и сооружений.

Связь между геометрической точностью изготовления и монтажа конструкций и качеством возведенных зданий и сооружений определяется производственными, эксплуатационными и экономическими требованиями.

Соблюдение *производственных требований* обеспечивает полную собираемость конструкций или сведение до минимума подгоночных операций.

*Эксплуатационные требования* связаны с обеспечением проектного уровня надежности и долговечности несущих и ограждающих конструкций и их эстетического восприятия при наличии отклонений от проектных размеров.

*Экономические требования* сводятся к необходимости обеспечения наименьшей стоимости изготовления и сборки железобетонных и металлических конструкций, учитывая, что их низкая геометрическая точность приводит к большому объему подгоночных работ, а обеспечение высокой геометрической точности требует значительных материальных затрат по совершенствованию технологии производства.

Как основной показатель качества точность геометрических параметров изготовленных и монтируемых сборных элементов определяет прочность, надежность и долговечность зданий и сооружений в эксплуатации, предопределяя такие важные технико-экономические показатели, как заводская и построечная трудоемкость и стоимость.

Технические измерения, сопровождающие процесс монтажа стальных и железобетонных конструкций, должны обеспечить соблюдение геометрических параметров возводимых зданий и сооружений в пределах установленных технологических допусков.

Переход на индустриально-поточный метод строительства зданий и сооружений, а также повышение технических требований при безвыверочном монтаже конструкций и при сборке стальных конструкций на болтовых соединениях значительно повышают роль технических измерений в строительно-монтажном производстве.

Технология монтажа в значительной мере определяется видом сопряжений и достигнутой точностью изготовления и установки сборных элементов. Монтаж стальных и железобетонных конструкций включает десятки технологических операций, значительное число которых сопровождается подгонкой сборных элементов по месту из-за недостаточной точности их изготовления и установки. Следовательно, чтобы обеспечить высокий уровень качества выполнения монтажных работ в полном соответствии с нормативно-проектными требованиями, необходим систематический контроль и целенаправленное воздействие на условия и факторы, влияющие на качество процесса возведения зданий и сооружений.

Критерием оценки качества строительно-монтажных работ является совокупность значений базовых показателей качества процесса возведения зданий и сооружений, а также его результатов.

Качество готовой строительной продукции определяется показателями технического уровня зданий, сооружений и их конструктивных частей, включающими геометрические, физико-механические, технологические и эстетические параметры. Все эти параметры регламентируются нормативно-проектными требованиями, которые охватывают вопросы точности, устойчивости, надежности и долговечности, а также эксплуатационные свойства и внешний вид зданий и сооружений.

Качество процесса возведения зданий и сооружений определяется показателями экономичности и стабильности, которые характеризуются трудоемкостью, продолжительностью и себестоимостью строительно-монтажных работ, постоянством сдачи их с первого предъявления, уровнем качества выполнения работ, затратами на исправление дефектов.

Собираемость конструкций, повышение производительности труда на монтажных работах и надежность эксплуатации зданий находятся в тесной связи с улучшением геометрических, физико-механических, технологических и других параметров.

Постоянное совершенствование способов и методов производства строительно-монтажных работ, применение высокопроизводительного кранового оборудования и средств для транспортировки конструкций не обеспечивают в последние годы ожидаемого повышения производительности труда при производстве монтажных работ.

Одним из существенных резервов сокращения сроков сооружения объектов и повышения производительности труда является соблюдение обязательной технологии производства в отношении точности изготовления и монтажа стальных и железобетонных конструкций. В этих условиях эффективность строительства находится в прямой зависимости от обеспечения собираемости конструкций, основанной на принципе их взаимозаменяемости.

Сборка производственных зданий без дополнительной подгонки и исправления элементов каркаса должна обеспечиваться:

изготовлением сборных элементов с установленной нормативными документами точностью;

производством разбивочных и монтажных работ с заданной проектом точностью.

В этих условиях существенная роль отводится техническим измерениям, основная цель которых — обеспечить выполнение строительно-монтажных работ при возведении зданий и сооружений в строгом соответствии со всеми геометрическими требованиями проекта.

### **3. Понятие о размерах, форме, сопряжениях, геометрической точности и взаимозаменяемости строительных конструкций**

В современном строительстве здания и сооружения собирают из отдельных элементов и конструкций, изготовляемых на соответствующих заводах.

При изготовлении сборных элементов практически невозможно получить абсолютно точно заданные для них проектной или нормативной документацией размеры, которые к тому же не одинаковы в разных сечениях элемента и изменяются от изделия к изделию.

Появление отклонений от заданных размеров и формы при изготовлении стальных конструкций вызвано неточностью оборудования, приспособлений для обработки, а также режущего инструмента, неточностью базирования заготовок и неправильным их закреплением, несоблюдением режимов и условий обработки и другими причинами.

Точность изготовления железобетонных изделий в значительной мере зависит от состояния технологической оснастки, т. е. искривления бортов форм, прогиба поддонов, износа замковых шарниров, смещения фиксаторов закладных деталей и многих других технологических факторов.

При составлении чертежа стального или железобетонного изделия конструктор устанавливает, исходя из условий работы, его геометрические размеры в выбранных единицах измерения.

Различают действительный размер  $x_i$  и номинальный  $x_{ном}$ .

Действительный размер — это размер, полученный в результате измерения с допустимой погрешностью.

Номинальный размер — это основной проектный размер, определенный исходя из его функционального назначения и служащий началом отсчета отклонений. Учитывая погрешности изготовления и монтажа, на чертежах помимо номинального (проектного) размера  $x_{ном}$  указывают два предельно допустимых размера, больший из которых называется наибольшим  $x_{max}$ , а меньший — наименьшим  $x_{min}$  предельными размерами. Действительный размер должен находиться в границах предельно допустимых размеров, т. е.  $x_{max} \geq x_i \geq x_{min}$ .

Для успешной сборки зданий и сооружений необходимо, чтобы изготовленные стальные и железобетонные изделия по размерам и конфигурации соответствовали функциональному назначению, т. е. отвечали производственным и эксплуатационным требованиям.

Основными характеристиками конфигурации сборных элементов являются прямолинейность, плоскостность, перпендикулярность смежных поверхностей, равенство диагоналей.

Размеры, форма, положение конструкций, характеризующие линейными и угловыми величинами, получили обобщенное наименование — геометрические параметры. Последние, как и размеры, подразделяют на действительные и номинальные.

Качество монтажа зданий и сооружений в значительной мере зависит от выбранной конструкции сопряжения и достигнутой точности изготовления элементов конструкций. Поскольку вопросы точности изготовления изделий имеют прикладное значение для сборного строительства, необходимо изготовить сборные элементы с такой геометрической точностью, которая обеспечит запроектированный характер соединений и сборку конструкций без дополнительной подгонки элементов. Это предполагает, что собираемые элементы будут взаимозаменяемыми по маркам изделий.

*Под взаимозаменяемостью* в системе обеспечения геометрической точности в строительстве *понимают свойство независимо изготовленных однотипных элементов обеспечивать возможность их применения одного вместо другого без дополнительной обработки.* Взаимозаменяемость однотипных элементов достигается соблюдением единых требований к их геометрической точности.

Взаимозаменяемые сборные элементы могут быть изготовлены строго по чертежам независимо друг от друга в разное время и на различных заводах, но они должны быть одинаковыми (в пределах допуска) по размерам, форме и физико-механическим свойствам.

Взаимозаменяемость в типовом строительстве является основным и необходимым условием современного массового и серийного производства. Взаимозаменяемость сборных элементов обеспечивается точностью их параметров, в частности их размеров.

Принцип взаимозаменяемости элементов предопределяет *с о б и р а е м о с т ь* конструкций, т. е. свойство независимо изготовленных элементов обеспечивать возможность сборки из них конструкций зданий и сооружений с геометрической точностью, соответствующей предъявляемым к конструкции эксплуатационным требованиям.

Количественной характеристикой собираемости является *у р о в е н ь с о б и р а е м о с т и*, который оценивается долей сборочных работ, выполненных без дополнительных операций по подбору, пригонке или регулированию геометрических параметров элементов.

Понятие «уровень» включает в себя возможность сравнимости, а следовательно, его выражают в относительной мере. Применительно к конструкциям уровень их собираемости определяют относительно проектного положения сборных элементов в конструкции.

#### *Вопросы для повторения*

- 1. Какая основная цель индустриализации строительства?*
- 2. Почему невозможно получить точно заданные проектом размеры?*
- 3. Что понимают под номинальным, действительным и предельно допустимыми размерами?*
- 4. Что понимают под геометрическими параметрами? Приведите примеры.*
- 5. Что понимают под собираемостью конструкций и взаимозаменяемостью сборных элементов?*
- 6. Что характеризует уровень собираемости?*

#### 4. Погрешности изготовления сборных элементов

Геометрические размеры, указанные на чертеже, называют номинальными, их используют при определении точности в качестве базовых для сравнения с действительными размерами сборных элементов.

Практикой строительства установлено, что даже при тщательном соблюдении технологического процесса изготовленные однотипные сборные элементы не имеют строго одинаковых геометрических параметров. Изготовленные сборные элементы не только не соответствуют полностью геометрическим параметрам (отклоняются от них), указанным на чертежах, но и несколько отличаются по размерам между собой. Отклонение действительных размеров изготовленных сборных элементов от их проектного значения (номинального размера) называют погрешностью (действительным отклонением) изготовления.

*Под геометрической точностью в строительстве понимают степень приближения действительных геометрических параметров, определяющих размеры, конфигурацию и положение конструкций зданий и сооружений и их элементов, к номинальным (проектным) параметрам.*

Различают нормативную (установленную стандартами, СНиП) и действительную точность. Действительная точность характеризуется величиной действительного отклонения  $\delta x_i$ , определяемого алгебраической разностью между действительным  $x_i$  и номинальным  $x_{\text{ном}}$  значениями размера

$$\delta x_i = x_i - x_{\text{ном}}. \quad (\text{II.1})$$

Приведенную формулу словесно можно выразить так: *«отклонение (погрешность) равно тому, что есть, минус то, что должно быть».*

Действительное отклонение  $\delta x_i$  представляет собой количественное выражение систематических и случайных погрешностей технологических операций при изготовлении изделий, включая и измерения.

Отсюда следует, что технологический процесс изготовления сборных элементов всегда сопровождается погрешностями геометрической формы и размеров элементов. Изготовить изделие абсолютно точно по размерам и форме практически невозможно.

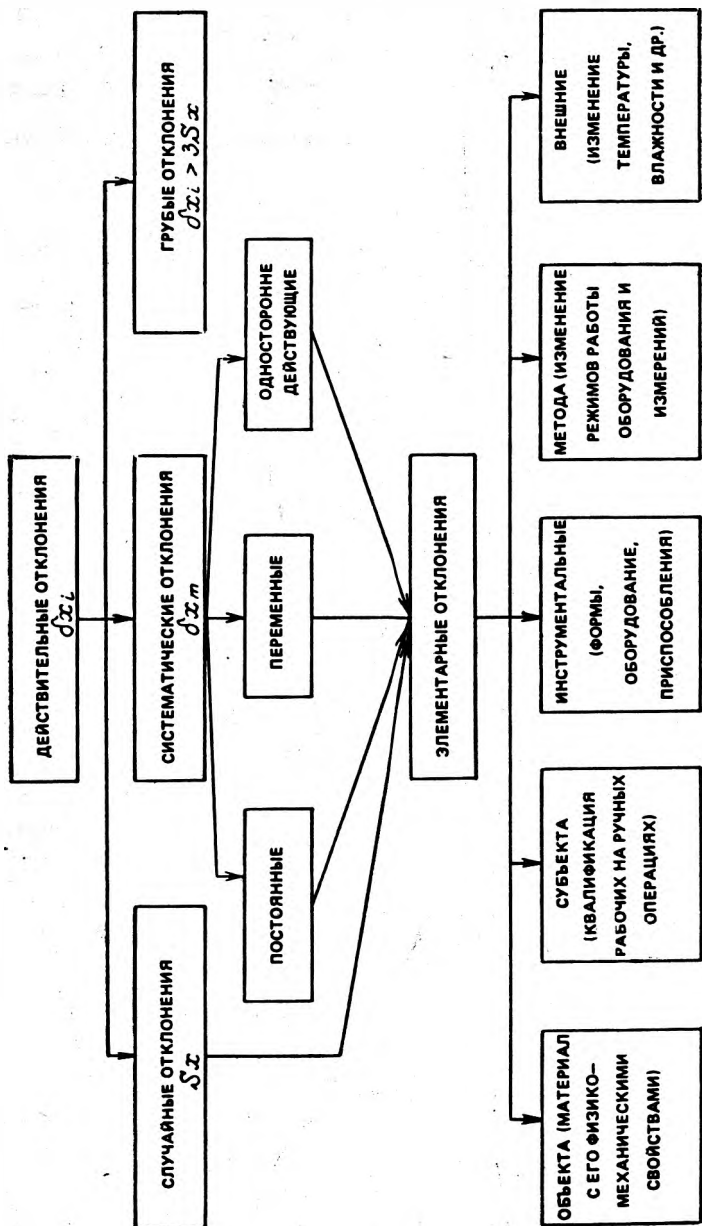


Рис. II.1. Классификация отклонений



Любое отклонение (погрешность) по геометрии изделия есть следствие действия различных факторов (причин), каждый из которых порождает свое отклонение (рис. II.1). Отклонения, происходящие от отдельных факторов, называют элементарными.

Таким образом, погрешности изготовления, а также установки сборных элементов представляют собой сумму элементарных погрешностей.

Погрешности изготовления и сборки элементов классифицируют по двум признакам:

характеру их действия (грубые, систематические и случайные);

источнику происхождения (инструментальные, технологической оснастки и формирующего оборудования, личные и т. д.).

**Г р у б ы м** и отклонениями называют погрешности (отклонения), превосходящие по своей абсолютной величине некоторый свойственный для данного технологического уровня предел и явно не соответствующие процессу изготовления или установки конструкции. Они могут возникать из-за разладки процесса или плохого состояния обрабатывающего или формирующего оборудования, а также невнимательности рабочих на ручных операциях. Изделия, изготовленные с грубыми отклонениями, обычно бракуют.

**С и с т е м а т и ч е с к и м** и отклонениями называют такие, которые при повторном съеме продукции с оборудования или остаются без изменения, или изменяются по какому-то определенному закону, или, изменяясь случайным образом, сохраняют постоянство своего знака. Соответственно такие отклонения называют постоянными, переменными и односторонне действующими и при изготовлении стальных конструкций они могут быть вызваны:

несоблюдением геометрических параметров сборочных приспособлений (кондукторов, копиров, шаблонов);

износом обрабатывающего оборудования (пил, ножниц, сверлильных, торцефрезерных и других станков);

искажением формы или нарушением положения упоров, фиксаторов для обработки деталей и установки шаблонов.

При изготовлении железобетонных конструкций систематические отклонения размеров изделия обычно вызваны:

несоблюдением геометрических параметров формирующего оборудования;

износом замковых шарниров;

искривлением бортов форм.

Погрешности, в последовательности появления которых при снятии однотипной продукции с оборудования нет никакой закономерности, называются случайными. Величину и направление случайных погрешностей нельзя предусмотреть заранее.

Случайное отклонение — составляющая погрешности изготовления изделий, которая изменяется случайным образом при изготовлении другого однотипного сборного элемента.

Инструментальные погрешности обусловлены несоблюдением геометрических параметров оборудования, несовершенством используемых в технологическом процессе приспособлений и т. д.

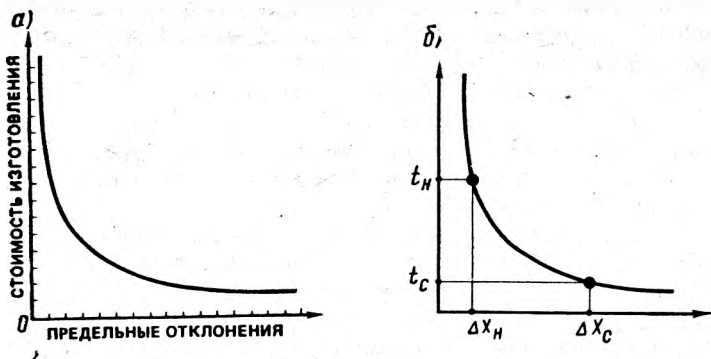
Личные погрешности обусловлены особенностями и квалификацией рабочих, выполняющих ручные операции в технологическом процессе.

Правильность соблюдения формы и размеров при изготовлении стальных и железобетонных изделий проверяется их измерением. Определить размер — значит сравнить его значение с величиной, принятой за единицу измерения, т. е. с метром. Часто используют дольные части метра: сантиметр — см (одна сотая) и миллиметр — мм (одна тысячная).

Изготовленные изделия считаются годными, если у них соблюдены (в пределах допустимого) размеры и другие параметры. Для этого выполняют технические измерения, правильно выбирая измерительные средства и методику измерения.

Для соблюдения принципа взаимозаменяемости сборных элементов и повышения уровня собираемости конструкций необходимо, чтобы точность изготовления изделий повышалась, т. е. отклонения размеров от номинального (проектного) значения уменьшались.

В то же время вся практика изготовления и монтажа конструкций, а также проведенные наблюдения показывают, что чем меньше допуск на изготовление изделий и их монтаж, тем дороже технологические и производственные процессы и большие затраты времени на установку элементов. Эти зависимости показаны в виде кривых на рис. II.2. Анализ кривых показывает, что резкое изменение стоимости процессов наблюдается в области нормативных  $\Delta x_n$  допусков и значительно меньше — за достигнутым среднестатистическим уровнем, т. е.  $\Delta x_c$ .



**Рис. 11.2. Зависимость затрат от величины допуска**

*a* — зависимость стоимости и точности геометрических параметров при изготовлении изделий; *б* — характер изменения затрат времени при повышении точности от среднестатистического уровня  $\Delta x_c$  до нормативного  $\Delta x_n$ ;  $t_n$  — затраты времени на монтаж с нормативной точностью;  $t_c$  — то же, со среднестатистической точностью;  $\Delta x_n$  — нормативная точность;  $\Delta x_c$  — среднестатистическая точность

Обеспечение требуемой точности достигается соблюдением установленных проектом размеров в пределах допусков посредством регулирования используемого при изготовлении конструкции оборудования, монтажной оснастки и совершенствования операций технологического и производственного процессов, включая способы и технические средства измерений.

## 5. Погрешности разбивочных работ

*Разбивочные работы заключаются в определении, обозначении и закреплении на местности или на строительных конструкциях осей, габаритов или отдельных частей зданий и сооружений в соответствии с проектом.*

Разбивочные работы, выполняемые при возведении зданий и сооружений, являются составной частью технологического процесса и играют организующую роль в обеспечении точности монтажа конструкций. Поскольку точность измерений, сопровождающих процесс возведения зданий, должна быть увязана с допусками на монтажные работы, необходимо знать причины появления погрешностей разбивочных работ и степень их влияния на точность сборки конструкций.

Погрешности разбивочных работ неизбежны и зависят от условий измерений на строительной площадке, которые характеризуются:

- подготовленностью объекта для выполнения измерений;
- квалификацией исполнителей работ;
- применяемыми техническими средствами;
- способами и приемами выполняемых разбивок;
- влиянием внешней среды.

По характеру действия погрешности разбивочных работ могут быть:

грубыми, обусловленными, как правило, ошибками исполнителя при измерениях и вычислениях;

случайными, вызванными ограниченной точностью измерительного прибора, недостаточной восприимчивостью органов чувств наблюдателя и т. д.;

систематическими, возникающими в результате непрерывного действия какой-либо определенной причины, например, не учитывается влияние температуры рулетки.

Грубые погрешности совершенно недопустимы и должны быть полностью исключены из конечных результатов разбивочных работ. Выявление грубых погрешностей осуществляют путем повторных (контрольных) измерений. Для большей надежности контрольные измерения и вычисления рекомендуют выполнять другим исполнителям и другими техническими средствами и способами измерения.

Основными элементами при выполнении разбивочных работ являются:

построение линии заданной длины;

построение проектного угла;

передача отметок;

передача разбивочных осей на вышележащие монтажные горизонты.

При линейных измерениях возникают следующие источники погрешностей:

эталонирование (компарирование) мерного прибора;

укладка рулетки в створе линии;

провес, прогиб рулетки и изгиб ее в плане;

определение разности высот концов рулетки;

учет разности температур при эталонировании и измерениях;

натяжение;

собственно измерения, являющиеся следствием совмещения начала мерного прибора и фиксации (закрепления) проектного размера и др.

Перенесение в натуру проектных углов сопровождается следующими основными погрешностями:

- центрирование теодолита и редукции (смещения) визирной цели с опорной точки;
- инструментальными;
- собственно построения угла;
- происходящими от внешних условий.

## **6. Погрешности монтажа строительных конструкций**

Дальнейшее развитие промышленного строительства на основе широкого развития индустриальных методов производства работ повышает роль измерений при монтаже стальных и железобетонных конструкций, так как в современных условиях строительная площадка фактически превратилась в монтажную.

Опытные данные показывают, что в настоящее время погрешности положения конструкций при их монтаже часто превышают установленные нормативными документами предельные отклонения, поскольку процесс изготовления элементов и методы монтажа не всегда обеспечивают требуемую точность сопряжения конструкций. Нередко для пригонки по месту отдельных сборных элементов в единую конструкцию их смещают с уже установленного проектного положения, что ведет к несоблюдению допусков на монтаж.

Подгоночные работы требуют дополнительных затрат труда, материалов, машинного времени, они снижают надежность работы конструкций и ухудшают качество возводимых зданий и сооружений.

Для повышения уровня собираемости конструкций необходимо:

- соблюдать точность изготовления и монтажа конструкций согласно требованиям проекта и нормативных документов;

- обеспечивать точность монтажных разбивок в соответствии с установленными допусками на монтаж конструкций.

Под погрешностью разбивки и монтажа следует понимать величину отклонения разбивочных осей зданий, отдельных конструкций и сборных элементов от их проектного положения.

Величина этой погрешности зависит от многих факторов, основными среди которых являются:

точность инструментов и приспособлений, используемых при разбивочных работах, установке и выверке конструкций;

принятая схема монтажа;

достоинства используемых способов разбивки зданий и контроля положения устанавливаемых конструкций;

действительная точность геометрических параметров собираемых элементов и конструкций;

характеристики монтажных средств, в частности возможность механизации перемещения и ориентирования собираемых элементов в пространстве;

квалификация исполнителей.

Анализ погрешностей при монтаже конструкций показывает, что по характеру действия отклонения конструкций от их проектного положения происходят в основном за счет случайных факторов. Однако иногда влияние систематических погрешностей на точность монтажа значительно превышает влияние случайных.

Кроме того, встречаются и грубые погрешности, к которым относятся ошибки в монтажных разбивках или установке конструкций, вызванные невнимательностью исполнителей или неисправностью используемого инструмента. Задача исполнителя состоит в надлежащей организации контроля работ с целью своевременного обнаружения и устранения грубых погрешностей.

Обычно производство монтажных работ при сборном строительстве осуществляется методом наращивания. При этом по мере монтажа последующих конструкций погрешности их положения накапливаются, что иногда приводит к затруднениям с замыканием конструкций. Это, в сущности, и является основной причиной несоблюдения требований проекта, вызывающей необходимость различного рода пригонок.

Особо выделим «силовые посадки», когда насильственно смещают конструкции в связи с необходимостью добиться замыкания их или наводки стыков и зазоров. Такие смещения происходят за счет нарушения установленных допусков. Они не должны допускаться, а тем более рассматриваться как неизбежные погрешности.

## **7. Характеристики точности и их взаимосвязь**

Известно, что геометрическая точность в строительстве отражает степень близости действительных геометрических параметров (размеры, конфигурация и положение строи-

тельных конструкций зданий и сооружений и их элементов) к проектным. Следовательно, точность любого параметра характеризуется его погрешностью: с уменьшением погрешности точность увеличивается и наоборот.

Точность геометрических параметров определяется установленными ГОСТ 21778—81 характеристиками действительной и нормативной точности.

В соответствии с ГОСТ 21778—81 точность каждого отдельно взятого размера  $x_i$  характеризуется величиной действительного отклонения  $\delta x_i$ , определяемого из зависимости  $\delta x_i = x_i - x_{\text{ном}}$ . В этом случае действительное отклонение  $\delta x_i$  является количественным выражением систематических и случайных погрешностей, накопленных при выполнении технологических операций и измерений. Если же имеем дело с однородной строительной продукцией определенного технологического процесса или операции массового или серийного производства, то характеристиками точности одноименных действительных размеров  $x_i$  являются оценки  $x_m$ ;  $\delta x_m$ ;  $S_x$ , определяемые из  $n$  измерений выборки по формулам:

$$x_m = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (\text{II. 2})$$

$$\delta x_m = x_m - x_{\text{ном}}; \quad (\text{II. 3})$$

$$S_x = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{или}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}{n-1}}; \quad (\text{II. 4})$$

где  $x_m$  — выборочное среднее, определяемое как среднее арифметическое размеров  $x_i$ ;  $\delta x_m$  — выборочное среднее отклонение, определяемое как среднее арифметическое  $\delta x_i$ ;  $S_x$  — выборочное среднее квадратическое отклонение.

Знак суммы, обозначаемый буквой  $\Sigma$ , входит во многие формулы, поэтому нужно уметь с ним обращаться. Пусть известны из результатов контрольных замеров размеры ширины колеи подкранового пути на восьми поперечных осях производственного здания. Причем  $x_1$  — ширина колеи по оси 1,  $x_i$  — ширина колеи по  $i$ -й оси. В нашем случае индекс

$i$  может принимать любое значение от единицы до восьми. Тогда выборочное среднее  $x_m$  равно

$$x_m = (x_1 + x_2 + \dots + x_8) / 8 \quad \text{или}$$

$$x_m = \sum_{i=1}^8 x_i / 8.$$

Для упрощения вычислений характеристики геометрической точности  $\delta x_m$  и  $S_x$  рекомендуется определять через действительные отклонения  $\delta x_i$ , принимая за начало отсчета измерений проектный (номинальный) размер  $x_{\text{ном}}$ . В этом случае приходится иметь дело с малыми числами в виде действительных отклонений. Принимая во внимание, что разность между полученным в натуре (измеренным) и проектным (номинальным) размером является действительным отклонением, т. е.  $\delta x_i = x_i - x_{\text{ном}}$ , а также то, что разность между средним значением  $x_m$  и проектным размером — выборочным средним отклонением  $\delta x_m = x_m - x_{\text{ном}}$ , получим соответственно следующие упрощенные формулы для вычислений характеристики точности одноименных действительных размеров:

$$\delta x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta x_i = \frac{\sum_{i=1}^n \delta x_i}{n};$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta x_i^2}{n} - \delta x_m^2}.$$

Выборочное среднее отклонение  $\delta x_m$  характеризует (с некоторым приближением) величину систематической погрешности, которую можно определить также как разность между средним действительным  $x_m$  и номинальным  $x_{\text{ном}}$  значениями параметра, т. е. по формуле (II.3).

Меру рассеивания действительных отклонений  $\delta x_i$  как результат влияния случайных погрешностей приближенно характеризует выборочное среднее квадратическое отклонение  $S_x$ .

Отметим, что достоверность рассматриваемых выборочных оценок  $x_m$ ,  $\delta x_m$  и  $S_x$ , характеризующих точность совокупности действительных размеров  $x_i$ , возрастает с увеличением числа  $n$  измерений одноименных параметров.

Среднее квадратическое отклонение используют в качестве характеристики точности выполнения технологи-



ческих операций для оценки их соответствия предъявляемым требованиям. Оно необходимо для анализа достигнутой точности монтажа, а также для определения достигнутого уровня собираемости конструкций.

В качестве теоретической характеристики точности геометрических параметров чаще всего берут среднее квадратическое отклонение (стандарт)  $\sigma$ . Оно выражает точность всей совокупности однотипной продукции и, разумеется, его числовая величина неизвестна. Поэтому практически вместо  $\sigma$  пользуются ее приближенным значением  $S_x$  — выборочным средним квадратическим отклонением, определяемым по результатам измерения.

На чертежах обычно указывается номинальное (проектное) значение параметра  $x_{\text{ном}}$ , служащее началом отсчета отклонений, а также наибольшее  $x_{\text{max}}$  и наименьшее  $x_{\text{min}}$  предельные значения параметра.

Учитывая погрешности монтажа, в проектах вместо  $x_{\text{max}}$  и  $x_{\text{min}}$  могут указываться, а в нормативной документации приводиться верхнее  $\delta x_{\text{sup}}$  и нижнее  $\delta x_{\text{inf}}$  предельные отклонения, которые вычисляются как разность между наибольшим или наименьшим предельным значением и проектным значением геометрического параметра:

$$\delta x_{\text{sup}} = x_{\text{max}} - x_{\text{ном}}; \quad \delta x_{\text{inf}} = x_{\text{min}} - x_{\text{ном}}. \quad (\text{II.5})$$

Другими нормативными характеристиками точности геометрических параметров являются допуск  $\Delta x$  и отклонение  $\delta x_c$  середины поля допуска  $x_c$  от номинального  $x_{\text{ном}}$  значения параметра  $x$ .

Допуск  $\Delta x$ , называемый иногда полем допуска параметра, представляет собой разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами, или интервал значений размера, ограниченный верхним и нижним предельными отклонениями:

$$\Delta x = x_{\text{max}} - x_{\text{min}} \quad \text{или} \quad \Delta x = \delta x_{\text{sup}} - \delta x_{\text{inf}}. \quad (\text{II.6})$$

Следовательно, допуск показывает интервал значений как бы разрешенной погрешности отдельной монтажной операции, заранее предусмотренной проектировщиком и отраженной в чертеже, СНиП или других нормативных документах.

Хотя предельные отклонения обычно устанавливают симметричными, т. е.  $\delta x_{\text{sup}} = \delta x_{\text{inf}}$ , иногда при наличии технологической или конструктивной необходимости, обоснованной расчетом точности, их назначают смещенными относительно номинальных параметров, т. е. в виде несимметрич-

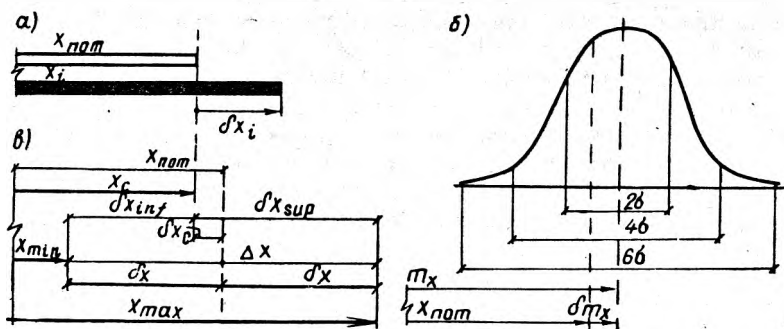


Рис. 11.3. Характеристики действительной точности

а — характеристики отдельного размера  $x_i$  ( $\delta x_i$ ); б — характеристики совокупности из  $N$  одноименных размеров  $x_i$  ( $m_x$ ,  $\delta m_x$ ,  $\sigma$ ); в — характеристики нормативной точности ( $x_{max}$  и  $x_{min}$ ,  $\delta x_{sup}$  и  $\delta x_{inf}$ ,  $\Delta x$ ,  $\delta x_c$ )

ных. В последнем случае точность геометрических параметров помимо допуска  $\Delta x$  должна характеризоваться отклонением  $\delta x_c$  середины поля допуска  $x_c$  от номинального  $x_{nom}$  значения параметра  $x$ :

$$\delta x_c = x_c - x_{nom} = (x_{max} + x_{min})/2 - x_{nom} = (\delta x_{sup} + \delta x_{inf})/2.$$

Другую разновидность представляют односторонние отклонения, в которых нормируются только их величины, поскольку направленность (знак) отклонения не имеет значения. Примером может служить взаимное положение плит перекрытий по высоте.

Взаимосвязь между характеристиками нормативной точности графически показана на рис. 11.3. Согласно требованиям ГОСТ 21778—81 следует принимать доверительную вероятность 0,9973, устанавливающую следующую связь между допуском  $\Delta x$ , симметричным предельным  $\delta x$  и средним квадратическим  $\sigma$  отклонениями:

$$\delta x = \Delta x/2 = 3\sigma. \quad (11.7)$$

#### Вопросы для повторения

1. Что понимают под действительным отклонением и как его определяют?
2. Дайте классификацию отклонений при изготовлении сборных элементов. Характер их действия и источники происхождения.
3. Дайте определение грубым, систематическим и случайным отклонениям.
4. Приведите примеры постоянных, переменных и односторонне действующих отклонений.

5. Понятие о разбивочных работах и их роль в строительно-монтажном производстве.
6. Погрешности разбивочных работ, причины их возникновения.
7. Что понимают под погрешностью монтажа?
8. Основные факторы, влияющие на точность монтажных работ и собираемость конструкций.
9. Характеристики действительной и нормативной точности.
10. Приведите формулы выборочного среднего  $\bar{d}_m$  и выборочного среднего квадратического  $S_x$  отклонений.
11. Что называется допуском?
12. Взаимосвязь между характеристиками нормативной точности.
13. Что понимают под геометрической точностью в строительстве?

### ГЛАВА III. СИСТЕМА ДОПУСКОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

#### 8. Понятие о технологических и функциональных допусках

Допуски на монтаж — это установленные нормативными документами ограничения случайных погрешностей при отдельных операциях или на процесс в целом. Цель назначения допусков состоит в обеспечении собираемости конструкций (возможность сборки их без подгонки) при соблюдении необходимых эксплуатационных (функциональных) качеств конструкций.

По характеру назначения допуски подразделяют на функциональные и технологические. Последние иногда называют производственными, подчеркивая тем самым их природу и связь с операциями монтажного процесса.

Функциональные допуски назначают с учетом надежности и эксплуатационных свойств конструкций; они должны компенсировать влияние всех погрешностей линейных размеров, конфигурации и положения элементов, связанных с функциональными допусками конструктивно и технологическими процессами.

Технологическими (производственными) допусками регламентируют точность технологических процессов и операций при изготовлении и установке сборных элементов, а также при выполнении геодезических разбивок. Их назначают из условия обеспечения рационального процесса производства работ и технически достижимой точности при использовании оборудования, инструмента, оснастки и т. д. Технологические допуски ориентированы

на качественное выполнение отдельных операций, обеспечивая индустриальные методы монтажа строительных элементов без дополнительной подгонки и обработки.

Практика строительства зданий и сооружений показывает, что чем меньше допуск, тем сложнее и дороже технологические процессы из-за необходимости применения более совершенного оборудования и приспособлений. Предельные отклонения назначают из условия удобства монтажа и обеспечения нормальной работы сборных элементов и конструкций с заданными проектом эксплуатационными показателями. Очень важно найти оптимальное соответствие между функциональными и технологическими допусками, при котором была бы обеспечена нормальная работа смонтированных конструкций при минимальной их стоимости.

Такая задача решается при расчетах конструкций на точность, когда анализируются изменения эксплуатационных характеристик конструкций при различных значениях суммарных технологических допусков. При этом допуск, а чаще предельное отклонение, можно рассматривать как разрешенную (допустимую) погрешность любого параметра, при которой сохраняется нормальная работоспособность сборного элемента или конструкции.

Допуск всегда является величиной положительной, а предельные отклонения могут быть величинами положительными, отрицательными и нулевыми. На чертежах конструкций принято указывать только предельные отклонения (верхнее  $\delta x_{sup}$  и нижнее  $\delta x_{inf}$ ) для отображения связи между допуском и проектным (номинальным) значением геометрического параметра.

## **9. Характеристика основных функциональных и технологических допусков**

Функциональные допуски изготовленных конструкций, являющиеся компенсаторами погрешностей технологического процесса, установлены для следующих основных параметров сборных элементов:

- размер;
- прямолинейность;
- плоскостность;
- перпендикулярность;
- равенство диагоналей.

При этом функциональные допуски на прямолинейность и плоскостность устанавливаются как для горизонтального, так и вертикального сборных элементов.

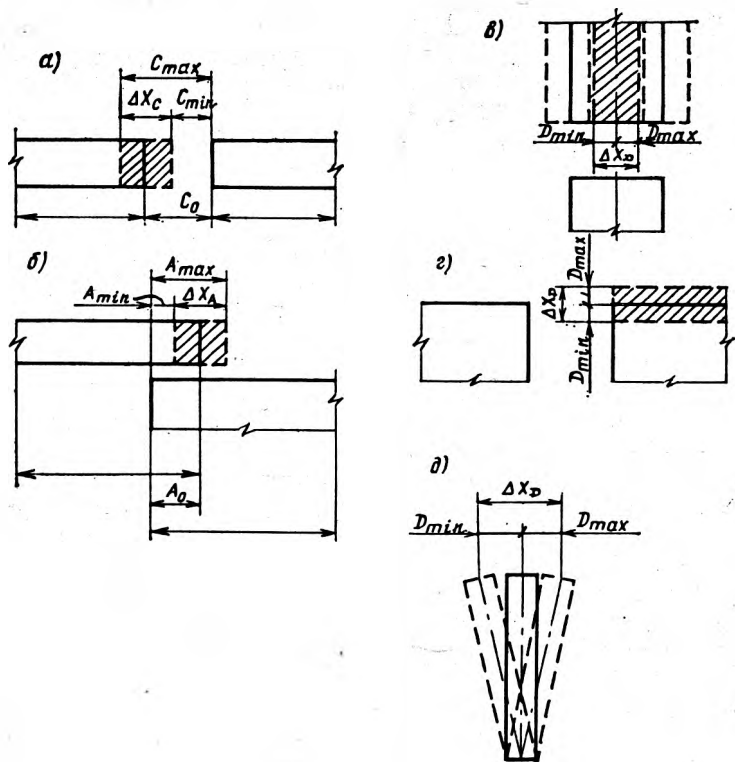


Рис. III.1. Основные параметры, для которых установлены функциональные допуски

*a* — зазор между элементами; *б* — длина опирания элемента; *в* — соосность элементов; *г* — уступ (несовпадение поверхностей) между элементами; *д* — вертикальность элементов

При монтаже сборных элементов функциональные допуски установлены (рис. III.1) для следующих основных параметров:

- зазор между элементами;
- длина опирания элемента;
- соосность элементов;
- уступ между элементами;
- вертикальность элементов.

Отметим, что, кроме вертикальности элементов, указанные функциональные допуски устанавливаются как для горизонтального, так и для вертикального сборных элементов.

Понятно, что ширину колеи подкранового пути можно рассматривать как зазор между осями головки рельсов, следовательно, установленный для этого параметра допуск также будет функциональным.

Таким образом, функциональные допуски на монтаж элементов устанавливают точность собранной конструкции из условия обеспечения предъявляемых к ней эксплуатационных (функциональных) требований.

Точность сопряжения сборных элементов при монтаже зданий и сооружений в общем случае предопределяется погрешностями:

- изготовления изделий;
- разбивочных работ;
- установки изделий.

Точность указанных трех процессов нормируется технологическими допусками.

Действительные отклонения изготовленных железобетонных и стальных конструкций не должны превышать установленных нормативными документами предельных отклонений линейных размеров и конфигурации.

Предельные отклонения линейного размера указывают границы допустимых несоответствий действительных размеров проверяемых железобетонных и стальных конструкций проектным.

Предельные отклонения конфигурации указывают границы допустимых несоответствий действительной конфигурации сборного элемента на всей его поверхности или в рассматриваемом сечении проектным.

При возведении зданий и сооружений точность разбивочных работ регламентируется технологическими допусками:

- разбивки точек и осей в плане;
- передачи точек и осей по вертикали;
- перпендикулярности осей;
- створности точек;
- разбивки высотных отметок;
- передачи высотных отметок.

Погрешности выполнения перечисленных работ не должны превышать установленных нормативными документами предельных отклонений положения осей и высотных отметок, т. е. эти предельные отклонения указывают границы допустимых несоответствий результатов разбивок проектным параметрам.

В системе обеспечения геометрической точности в строительстве точность сборки элементов (деталей, изделий, конструкций) зданий регламентируется технологическими допусками:

совмещения ориентиров (точек, линий, поверхностей) при установке элементов;

симметричности установки элементов.

Погрешности производственного процесса не должны превышать предельных отклонений для смонтированных конструкций, так как эти отклонения указывают границы допустимых несоответствий установленных конструкций и их совмещаемых ориентиров проектному положению.

## **10. Структура системы технологических допусков**

Точность выполнения технологических и производственных операций в строительстве обычно нормируется предельными отклонениями. При этом предполагается, что распределение вероятностей действительных погрешностей описывается законом нормального распределения или близко к нему.

Как уже было отмечено (см. рис. II.2), соотношение между назначаемыми допусками и стоимостью изготовления и монтажа железобетонных и стальных конструкций описывается гиперболической кривой. Более свободные допуски легче выдерживать при производстве работ, при этом повышается производительность труда и снижается стоимость работ, но также и снижается уровень собираемости конструкций и принцип взаимозаменяемости сборных элементов, являющиеся основой бесподгоночной сборки конструкций зданий и сооружений. Более жесткие требования при назначении допусков влекут неоправданные вложения в производственную базу, повышение трудоемкости процессов, а следовательно, и стоимости строительства. Поэтому обоснованное назначение допусков — задача не только техническая, но и экономическая. В настоящее время разработана система допусков в строительстве, представляющая собой стандартизацию точности технологических процессов при возведении зданий и сооружений. Это система технологических допусков устанавливает:

номенклатуру технологических допусков;

унифицированные значения границ интервалов номинальных размеров геометрических параметров, для которых устанавливаются допуски;

унифицированные величины технологических допусков геометрических параметров;

число классов для всей номенклатуры технологических допусков геометрических параметров.

Следует также иметь в виду, что точность установки элементов сборных зданий и сооружений в СНиПах и ГОСТах не всегда нормируется одними и теми же характеристиками. Так, в главах СНиП обычно она дана в виде предельных отклонений  $\delta x = 3\sigma$ , а в государственных стандартах Системы обеспечения точности геометрических параметров в строительстве — в виде допусков  $\Delta x = 2 \delta x = 6 \sigma$ . ГОСТ 21779—82 устанавливает номенклатуру и величины технологических допусков:

на изготовление сборных элементов;

на выполнение разбивочных работ;

на установку элементов при сборке конструкций.

Эти допуски геометрических параметров сгруппированы по классам точности технологических процессов и операций, что позволяет проектировщикам на основе расчета закладывать в проект требуемый класс точности изготовления и установки конструктивных элементов в зависимости от назначения здания, принятой конструктивной схемы и способа монтажа.

Классы точности определяют величину допуска для конкретных условий технологического процесса или операции. Естественно, что продукция процесса с действительными отклонениями в пределах допуска считается годной по данному параметру.

Система технологических допусков представлена в виде закономерно построенной совокупности рядов допусков, величина которых изменяется в зависимости от значения геометрических параметров. Таким образом, *допуск, являющийся мерой точности любого размера, формы или положения конструкций, зависит от величины и характера этого размера*. Поэтому взаимосвязь между экономически достижимой точностью и размерами (геометрическими параметрами) выражена в рассматриваемой системе технологических допусков с помощью условной величины, называемой *единицей допуска  $i$*  (табл. III.1).

Единица допуска выражает зависимость допуска от номинального размера и служит базой для определения технологических допусков

$$\Delta x = iK, \quad (\text{III.1})$$



### III.1. Вид допусков и формулы для вычисления значения единицы допуска

Технологический процесс	Допуск геометрического параметра $L$	Значение $\alpha$	Формула для вычисления значения единицы допуска, мм
Изготовление	Линейного размера	1	$i = \alpha_i (0,8 + 0,001 \times \sqrt{L}) (\sqrt[3]{L + 25} + 0,01 \sqrt[3]{L^2}),$ где $L$ в мм
	Прямолинейности	1	
	Плоскостности	1	
	Перпендикулярности	0,6	
	Равенства диагоналей	1	
Разбивка	Разбивки точек и осей в плане	1	$i = \alpha_i L,$ где $L$ в мм
	Передачи точек и осей по вертикали	0,4	
	Створности точек	0,25	
	Разбивки высотных отметок	0,6	
	Передачи высотных отметок	0,25	
	Перпендикулярности осей	0,4	
	Установка (монтаж)	Совмещения ориентиров	
Симметричности		0,6	

где  $i$  — единица допуска, определяемая в зависимости от значения нормируемого геометрического параметра по формулам, приведенным в табл. III. 1;  $K$  — коэффициент точности, устанавливающий число единиц допуска для данного класса точности (приведен в таблицах допусков).

Единица допуска, выражая зависимость допуска от номинального значения параметра, кроме того, отражает влияние технологических факторов и является мерой точности. Указанные в табл. III.1 формулы для вычисления единицы допуска и значения допусков на изготовление элементов, на разбивочные работы и установку конструкций приведены в таблицах ГОСТ 21779—82.

Система технологических допусков построена на принципе группировки их в классы точности, используемые для нормирования различных уровней точности технологических процессов и операций.

В каждом классе точности различные по величине размеры однотипных элементов имеют одну и ту же относительную точность, определяемую одним и тем же коэффициентом точности  $K$ . Число классов точности установлено с учетом потребности развития строительной отрасли, технологических факторов и др.

Класс точности определяет величину допуска на изготовление, монтаж элементов и разбивку осей, а следовательно, предопределяет выбор методов и средств выполнения работ.

Для каждого из установленных классов точности на основе единицы допуска построены ряды допусков для всех размеров, охватываемых данной системой.

В нормативной документации все характеристики точности размеров и положений конструкций приведены для так называемой нормальной температуры, равной  $20^{\circ}\text{C}$  (температура рабочих помещений). Аттестация всех измерительных средств также должна проводиться при нормальной температуре.

Следовательно, в результаты, полученные при других температурах измерения, необходимо вводить поправки на разность температур измерительных средств при измерениях и их эталонировании.

## **11. Интервалы номинальных размеров и значения технологических допусков**

Все сборные элементы являются комплектующими изделиями, широко применяемыми в строительном производстве.

Большое число типоразмеров в зданиях экономически невыгодно, так как усложняет технологические процессы изготовления и монтажа конструкций, требующие различного оборудования и механизмов, а также измерительных средств.

Одной из основных задач стандартизации является оптимальное сокращение типоразмеров и номенклатуры изделий, выпускаемых и потребляемых в строительной отрасли страны, и умелый выбор параметров, соответствующих данному изделию. В этих условиях применяют более рациональный ряд типоразмеров, меньшее число которых создает более благоприятные условия для проектирования, изготовления и монтажа конструкций, а потому такие числа называют предпочтительными. Целесообразно и удобно размещать допуски в виде специальных таблиц. Если состав-

### III.2. Основные значения модульных шагов и высот зданий и сооружений различного назначения

Вид строительства	Шаг, м	Высота, м
Жилищное и культурно-бытовое	Кратно 1,2	2,8; 3; 3,3; 4,2; 6
Культурно-бытовое, сельскохозяйственное, промышленное	1,5; 3; 4,5; 6; 7,5; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 27; 30; 33; 36 и далее через 6 м	3,3; 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6; 6,6; 7,2 и далее через 1,2 м

лять таблицы для каждого номинального размера, встречающегося в строительной практике, то таблицы будут весьма громоздкими, а разница между допусками двух смежных размеров будет незначительной. Поэтому для упрощения построения системы допусков весь диапазон номинальных размеров разбит на несколько интервалов. Допуски для всех размеров интервала нормируемого геометрического параметра определены по среднему значению размеров данного интервала. Таким образом, для каждого класса точности установлены на основе единицы допуска и значения коэффициента точности соответствующие интервалам номинальных размеров ряды допусков. При этом для устранения разнообразия в рядах номинальных размеров, значений коэффициентов точности, а также технологических допусков в ГОСТ 21779—82 использованы ряды предпочтительных чисел. Эти ряды чисел основываются на свойстве геометрических прогрессий, где соседние числа ряда отличаются на один и тот же множитель.

Для рядов предпочтительных чисел, построенных по геометрическим прогрессиям, отношение каждого последующего члена к предыдущему является величиной постоянной, называемой знаменателем геометрической прогрессии. Например, ряд чисел 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16 образует геометрическую прогрессию со знаменателем  $\varphi \approx 1,6$ . Для отражения изменчивости нормативной точности между соседними рядами номинальных размеров в строительстве, а также принятыми классами точности предпочтение отдано рядам R5 и R10, построенным по геометрическим прогрессиям с соответствующими знаменателями  $\varphi = \sqrt[5]{10} \approx 1,6$  и  $\varphi = \sqrt[10]{10} \approx 1,25$ . Здесь степень корня входит в условное обозначение рядов: пятый ряд — R5, десятый ряд — R10.

### III.3. Характеристика предпочтительных интервалов проектных размеров геометрических параметров

Проектные размеры, мм	Средний проектный размер, мм	Примененный ряд предпочтительных чисел
До 8 9...20 21...60	4 14 40	—
61...120 121...250 251...500 501...1000	90 185 375 750	R10/3 $\varphi \approx 2$
1001...1600 1601...2500 2501...4000	1300 2050 3250	R5 $\varphi \approx 1,6$
4001...8000 8001...16 000	6000 12 000	R10/3 $\varphi \approx 2$
16 001...25 000 25 001...40 000 40 001...63 000 63 001...100 000 100 001...160 000	20 500 32 500 51 500 81 500 130 000	R5 $\varphi \approx 1,6$

Членами рядов предпочтительных чисел являются округленные числа, полученные путем умножения предыдущих чисел на знаменатель прогрессии.

При назначении интервалов номинальных размеров стремились, чтобы их середины совпадали с модульными шагами и высотами, принятыми в строительстве (табл. III. 2).

Размеры конструкций, а также элементов зданий и сооружений могут изменяться в значительных пределах, что необходимо было охватить выбираемыми интервалами проектных размеров (табл. III.3).

С учетом этого в ГОСТ 21779—82 принят достаточно дифференцированный и широкий диапазон линейных размеров. Из табл. III.3 видно, что увеличение каждого последующего интервала номинальных размеров осуществлено кратно знаменателю геометрической прогрессии.

В системе обеспечения геометрической точности в строительстве стандартизация значений допусков различных

### III.4. Предпочтительные значения технологических допусков, мм

(0, 10)	(0, 12)	(0, 16)	0, 2	0, 26	0, 3	0, 4	0, 5	0, 6	0, 8
1	1,2	1,6	2	2,6	3	4	5	6	8
10	12	16	20	26	32	40	50	64	80
100	120	160	200	260	(320)	(400)	(500)	(640)	(800)

Примечание. В скобках даны редко используемые допуски. Поскольку предельные отклонения в строительстве обычно назначаются симметричными, допуски для удобства применения назначены четными.

технологических процессов и операций осуществлена в интервале от 0,1 мм до 800 мм с использованием рядов предпочтительных чисел. Предпочтительные значения технологических допусков приведены в табл. III.4.

Изложенные принципы построения системы допусков обеспечили то, что допуски двух смежных интервалов размеров для каждого класса точности или двух смежных классов точности одного размера, равно как сами смежные интервалы, отличаются в соответствии со знаменателем выбранной геометрической прогрессии в 1,25 или 1,6 раза. Таблицы от этого стали компактнее, а рассчитанные допуски с достаточной полнотой характеризуют все размеры, встречающиеся в строительном-монтажном производстве.

## 12. Допуски линейных размеров элементов

Точность изготовленных элементов характеризуется действительными отклонениями линейных размеров и конфигурации (формы и взаимного положения поверхностей).

Допуски линейных размеров (рис. III.2), а точнее, их предельные отклонения, устанавливают границы допустимых погрешностей изготовления элементов по длине, ширине, высоте (толщине) или диаметру; погрешностей положения и размеров выступов, выемок, проемов, отверстий, крепежных и соединительных деталей, а также ориентиров (рисок), наносимых на элементы в процессе их изготовления.

В табл. III.5 приведены допуски линейных размеров элементов, установленные для девяти классов точности в зависимости от размера  $L$ , точность которого нормируется. Диапазон размеров (до 60 м) разбит на 14 интервалов.

### III.5. Допуски линейных размеров

Номинальный размер $L$ , мм	Допуск, мм, для класса точности								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
До 20	0,24	0,4	0,6	1	1,6	2,4	4	6	10
21...60	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12
61...120	0,4	0,6	1	1,6	2,4	4	6	10	16
121...250	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
251...500	0,6	1	1,6	2,4	4	6	10	16	24
501...1000	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
1001...1600	1	1,6	2,4	4	6	10	16	24	40
1601...2500	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
2501...4000	1,6	2,4	4	6	10	16	24	40	60
4001...8000	2	3	5	8	12	20	30	50	80
8001...16 000	2,4	4	6	10	16	24	40	60	100
16 001...25 000	3	5	8	12	20	30	50	80	120
25 001...40 000	4	6	10	16	24	40	60	100	160
40 001...60 000	5	8	12	20	30	50	80	120	200
$K$	0,1	0,16	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4

Величину единицы допуска  $i$  для нормирования точности линейных размеров вычисляют по формуле, приведенной в табл. III.1.

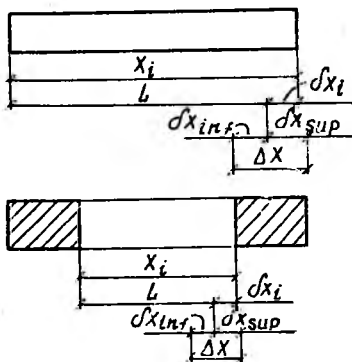


Рис. III.2. Допуск и отклонение от линейных размеров элементов

### 13. Допуски конфигурации элементов

Качество изготовленных по конфигурациям элементов проверяют на *плоскостность, прямолинейность и прямоугольность*, т. е. выявляют искажения формы элементов и взаимного положения поверхностей.

### III.6. Допуски прямолинейности

Номинальный размер $L$ , мм	Допуск, мм, для класса точности					
	1	2	3	4	5	6
До 1000	2	3	5	8	12	20
1001...1600	2,4	4	6	10	16	24
1601...2500	3	5	8	12	20	30
2501...4000	4	6	10	16	24	40
4001...8000	5	8	12	20	30	50
8001...16 000	6	10	16	24	40	60
16 001...25 000	8	12	20	30	50	80
25 001...40 000	10	16	24	40	60	100
40 001...60 000	12	20	30	50	80	120
$K$	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5

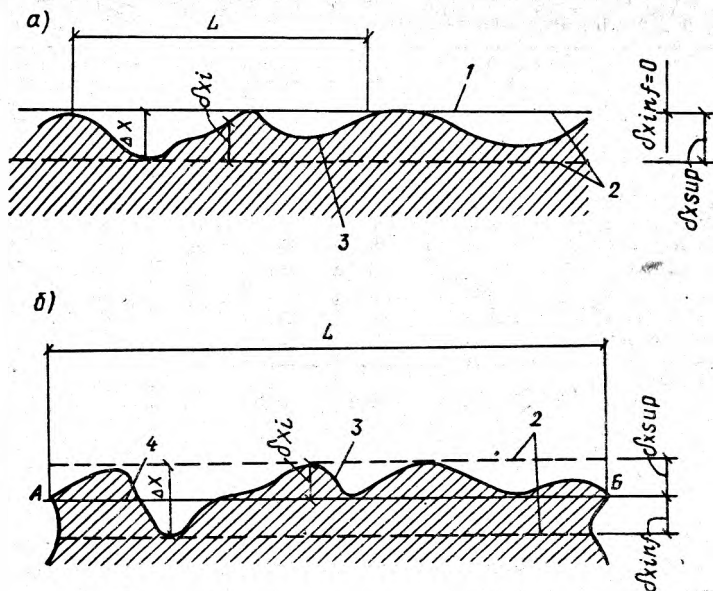
Ограничения искажений формы призматических прямоугольных элементов установлены в виде предельных отклонений от прямолинейности и плоскостности, а точность взаимного положения поверхностей нормируется предельными отклонениями от перпендикулярности.

Допуски прямолинейности и плоскостности, приведенные в табл. III.6, установлены ГОСТ 21779—82. Они даны для шести классов точности по восьми интервалам номинальных размеров, для которых контролируют прямолинейность, или по наибольшему размеру элемента, для которого проверяется плоскостность.

При установлении ограничения искажений прямолинейности плоских элементов следует указывать сечения, для которых проверяются действительные отклонения от прямолинейности.

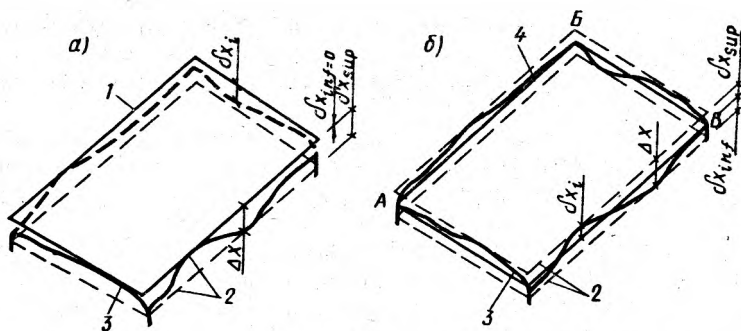
*Непрямолинейность* (вогнутость, выпуклость или местная изогнутость) характеризуется наибольшим удалением действительного профиля всей конструкции или ее участка в рассматриваемом сечении от прилегающей прямой (рис. III.3). Установление допуска прямолинейности объясняется необходимостью ограничения величины действительных отклонений конфигурации в одном или нескольких заданных сечениях элемента.

*Неплоскостность* (выпуклость, вогнутость, пропеллерность или коробление) характеризуется наибольшим удалением действительной поверхности всего элемента от прилегающей плоскости (рис. III.4). Установление допуска плоскостности объясняется потребностью в ограничении



**Рис. III.3. Допуск прямолинейности и отклонение от прямолинейности**

*a* — допуск и отклонение от прямолинейности при измерениях на заданной длине; *б* — то же, при измерениях на всей длине; 1 — условная (прилегающая) прямая; 2 — прямые, ограничивающие поле допуска; 3 — реальный профиль; 4 — условная (проходящая через крайние точки) прямая



**Рис. III.4. Допуск плоскостности и отклонение от плоскостности**

*a* — допуск плоскостности и отклонение от плоскостности при измерениях от прилегающей плоскости; *б* — то же, при измерениях от условной плоскости, проходящей через три крайние точки реальной поверхности; 1 — условная (прилегающая) плоскость; 2 — плоскости, ограничивающие поле допуска; 3 — реальная поверхность; 4 — условная (проходящая через три крайние точки) плоскость



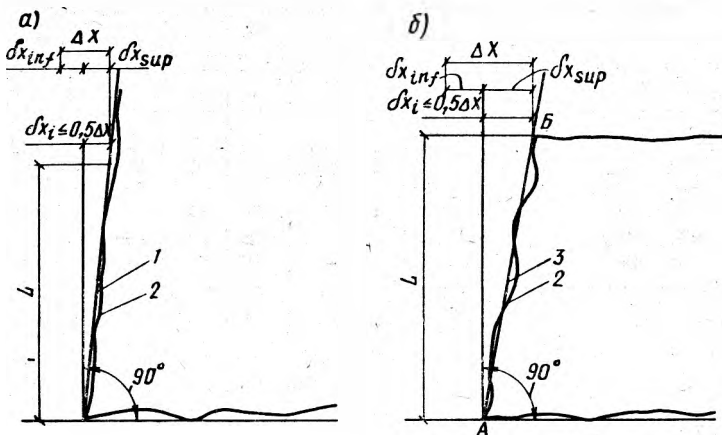


Рис. III.5. Допуски перпендикулярности и отклонения от перпендикулярности

*a* — допуск и отклонения при измерениях на заданной длине; *б* — то же, при измерениях на всей длине; 1 — условная (прилегающая) плоскость; 2 — реальная поверхность; 3 — условная (проходящая через крайние точки) плоскость

величины действительных отклонений конфигурации всей поверхности плоского элемента.

Значение единицы допуска *i*, отражающей влияние технологических факторов на прямолинейность и плоскостность элементов и на перпендикулярность их смежных поверхностей, определяется по формулам, приведенным в табл. III.1.

*Непрямоугольность* элементов в зависимости от размера поверхности и применяемых методов контроля ограничивается установленными допусками перпендикулярности смежных поверхностей элементов или допусками равенства длин диагоналей.

*Неперпендикулярность* характеризуется отклонением действительного угла между боковыми поверхностями от прямого и выражается в мм на заданную длину поверхности *L* (рис. III.5). Длина *L* поверхности элемента, к которой относится неперпендикулярность, указывается исходя из конструктивно-технологических требований. При отсутствии таких указаний перпендикулярность нормируют и проверяют для поверхности с меньшей длиной. Допуски перпендикулярности (табл. III.7) смежных поверхностей эле-

### III.7. Допуски перпендикулярности

Номинальный размер $L$ , мм	Допуск, мм, для класса точности								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
До 250	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
251...500	0,6	1	1,6	2,4	4	6	10	16	24
501...1000	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
1001...1600	1	1,6	2,4	4	6	10	16	24	40
1601...2500	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
2501...4000	1,6	2,4	4	6	10	16	24	40	60
<b>K</b>	0,16	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6

ментов назначают в зависимости от размера  $L$  поверхности, перпендикулярность которой нормируют.

Допуски перпендикулярности установлены для длин  $L$  поверхностей до 4 м, разбитых на 6 интервалов.

Прямоугольность крупноразмерных элементов можно проверять сравнением длин диагоналей. В этом случае допуск  $\Delta x$  как удвоенная разность длин диагоналей устанавливает границы допустимых отклонений от прямоугольности элементов.

Величины допусков равенства диагоналей (табл. III.8) установлены по наибольшему размеру  $L$  прямоугольного элемента, разность диагоналей которого нормируют. Эти допуски установлены для размеров  $L$  до 60 м, которые разбиты на 6 интервалов.

### III.8. Допуски равенства диагоналей

Номинальный размер $L$ , мм	Допуск, мм, для класса точности					
	1	2	3	4	5	6
До 4000	4	6	10	16	24	40
4001...8000	5	8	12	20	30	50
8001...16 000	6	10	16	24	40	60
16 001...25 000	8	12	20	30	50	80
25 001...40 000	10	16	24	40	60	100
40 001...60 000	12	20	30	50	80	120
<b>K</b>	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5

## 14. Допуски разбивочных работ

Установление точности разбивочных работ должно базироваться на обоснованных допусках на изготовление и монтаж строительных конструкций, поскольку разбивочные работы являются составной частью технологического процесса монтажа. Разбивки предшествуют монтажу и сопровождают его. Результаты разбивочных работ используются при контрольных измерениях положения установленных конструкций и при исполнительных съемках.

Разбивочные работы при возведении зданий несут организующее начало в управлении точностью технологических процессов. Они осуществляются по единому для данного объекта графику, увязанному со сроками монтажных и специальных строительных работ.

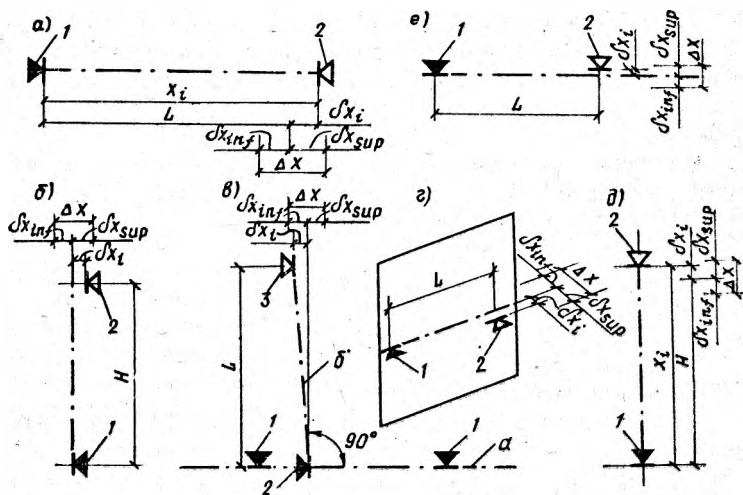


Рис. III.6. Допуски разбивочных работ

*a* — допуск и отклонение разбивки точек и осей в плане: 1 — ориентир, принимаемый за начало отсчета; 2 — ориентир, устанавливаемый в результате разбивки; *б* — допуск и отклонение передачи точек и осей по вертикали: 1 — ориентир, принимаемый за начало отсчета; 2 — ориентир, устанавливаемый в результате передачи; *в* — допуск перпендикулярности и отклонение от перпендикулярности осей: 1 — ориентиры, определяющие положение оси «а»; 2 — ориентир, принимаемый за начало отсчета при разбивке оси «б»; 3 — ориентир, устанавливаемый при разбивке оси «б»; *г* — допуск створности и отклонение от створности точек: 1 — ориентир, принимаемый за начало отсчета; 2 — ориентир, устанавливаемый в результате разбивки; *д* — допуск и отклонение разбивки высотных отметок: 1 — ориентир, принимаемый за начало отсчета; 2 — ориентир, устанавливаемый в результате разбивки; *е* — допуск и отклонение передачи высотных отметок: 1 — ориентир, принимаемый за начало отсчета; 2 — ориентир, устанавливаемый в результате передачи отметок

### III.9. Допуски разбивки точек и осей в плане

Номинальный размер $L$ , мм	Допуск, мм, для класса точности					
	1	2	3	4	5	6
До 2500	0,6	1	1,6	2,4	4	6
2501...4000	1	1,6	2,4	4	6	10
4001...8000	1,6	2,4	4	6	10	16
8001...16 000	2,4	4	6	10	16	24
16 001...25 000	4	6	10	16	24	40
25 001...40 000	6	10	16	24	40	60
40 001...60 000	10	16	24	40	60	100
60 001...100 000	16	24	40	60	100	160
100 001...160 000	24	40	60	100	160	—
$K$	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5

Процесс возведения зданий и сооружений сопровождается также и высотными измерениями, в частности передачей отметок с исходного горизонта на монтажный, определением отметок опорных поверхностей установленных конструкций и др.

Точность выполнения разбивочных работ при возведении зданий и сооружений регламентирована технологическими допусками (рис. III.6):

- разбивки точек и осей в плане;
- передачи точек и осей по вертикали;
- створности точек;
- перпендикулярности осей;
- разбивки высотных отметок;
- передачи высотных отметок.

При установлении допусков на виды работ используют коэффициент  $\alpha_i$ , выражающий зависимость единицы допуска  $i$  (мм) от расстояний  $L$  (м) между точками и осями ( $i = \alpha_i L$ ):

разбивка точек и осей в плане	1
передача точек и осей по вертикали	0,4
перпендикулярность осей	0,4
створность точек	0,25
разбивка высотных отметок	0,6
передача высотных отметок	0,25

Наименьшие значения коэффициента  $\alpha_i = 0,25$  приняты для наиболее ответственных разбивочных работ, таких, как передача высотных отметок с одного монтажного горизонта на другой и обеспечение створности точек, влияющей, на-

### III.10. Допуски передачи точек и осей по вертикали на высоту $H$ и створности точек для расстояния $L$

Номинальный размер, мм		Допуск, мм, для класса точности					
между горизонтами, $H$	разбиваемой оси $L$	1	2	3	4	5	6
До 2500	До 4000	—	—	0,6	1	1,6	2,4
2501...4000	4001...8000	—	0,6	1	1,6	2,4	4
4001...8000	8001...16 000	0,6	1	1,6	2,4	4	6
8001...16 000	16 001...25 000	1	1,6	2,4	4	6	10
16 001...25 000	25 001...40 000	1,6	2,4	4	6	10	16
25 001...40 000	40 001...60 000	2,4	4	6	10	16	24
40 001...60 000	60 001...100 000	4	6	10	16	24	40
60 001...100 000	100 001...160 000	6	10	16	24	40	60
100 001...160 000	...	10	16	24	40	60	—
$K$		0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5

пример, на прямолинейность укладки рельсов подкранового пути.

Допуски разбивки точек и осей в плане (табл. III.9) охватывают размеры  $L$  между точками и разбивочными осями до 160 м, которые для упрощения таблицы разбиты на 9 интервалов размеров.

Необходимо помнить, что для перехода к другим нормативным характеристикам точности надлежит пользоваться следующей зависимостью между допуском  $\Delta x$ , симметричными предельными отклонениями  $\delta_x$  и средним квадратическим отклонением  $\sigma$ :

$$\Delta x = 2\delta x = 6\sigma.$$

При строительстве зданий и сооружений разбивочные оси приходится переносить на другой монтажный горизонт. Для нормирования точности выполнения таких работ в ГОСТ 21779—82 предусмотрены допуски, дифференцированные по шести классам точности (табл. III.10), а также допуски створности точек для различных длин разбиваемой оси.

Погрешность разбивки осей в плане или по вертикали характеризуют величиной их отклонения от проектного положения. Для расчета точности выполнения этих работ надлежит пользоваться допусками разбивки и передачи высотных отметок (табл. III.11), нормированными для шести

### III.11. Допуски разбивки и передачи высотных отметок

Номинальный размер, мм		Допуск, мм, для класса точности					
расстояние $H$ между горизонтами	расстояние $L$ до отметки	1	2	3	4	5	6
До 2500	До 8000	—	0,6	1	1,6	2,4	4
2501...4000	8001...16 000	0,6	1	1,6	2,4	4	6
4001...8000	16 001...25 000	1	1,6	2,4	4	6	10
8001...16 000	25 001...40 000	1,6	2,4	4	6	10	16
16 001...25 000	40 001...60 000	2,4	4	6	10	16	24
25 001...40 000	60 001...100 000	4	6	10	16	24	40
40 001...60 000	100 001...160 000	6	10	16	24	40	60
60 001...100 000	...	10	16	24	40	60	100
100 001...160 000	...	16	24	40	60	100	160
$K$		0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5

классов точности по девяти интервалам расстояний  $H$  между горизонтами и семи интервалам расстояний  $L$  до переносимой в натуру отметки.

Допуски перпендикулярности осей принимают также по табл. III.11 в зависимости от номинального расстояния  $L$  до рассматриваемой точки. При номинальном значении угла между осями, не равном  $90^\circ$ , допуски угла также принимают по табл. III.11 в зависимости от номинального расстояния  $L$  до рассматриваемой точки. Следует иметь в виду, что допуски разбивочных работ ограничивают отклонения в положении ориентиров, по которым производят установку конструкций. Ориентирами являются заводские и разбивочные риски, высотные отметки, грани сборных элементов, специальные устройства и т. д. Указанные допуски даны с учетом точности нанесения и закрепления соответствующих точек и осей.

#### 15. Допуски установки элементов

В системе технологических допусков ограничения погрешностей в положении смонтированных элементов характеризуют:

допусками симметричности и отклонениями от симметричности установки элементов (рис. III.7) относительно отверстий и относительно другого элемента, включая равенство длин опирания элементов;

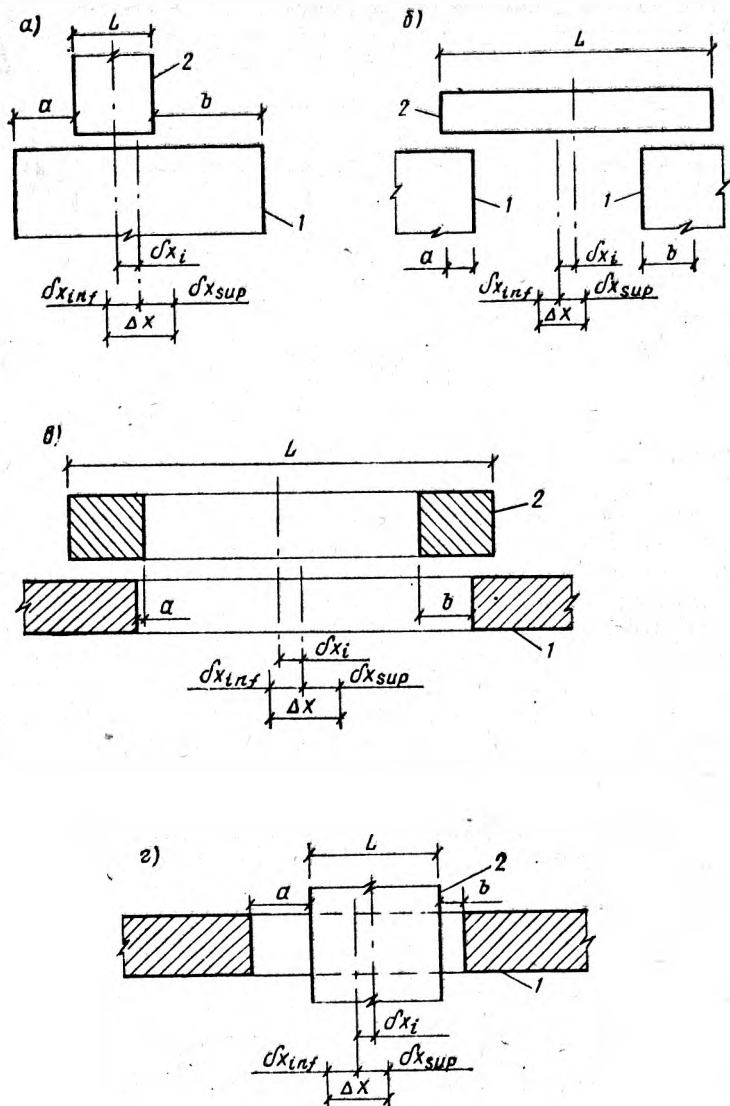


Рис. III.7. Допуск симметричности и отклонение от симметричности установки элементов

$a$  — установка по осевым рискам;  $b$  — установка с соблюдением равенства длин опорения элементов;  $\delta$  — установка с соблюдением равенства уступов элемента;  $\varepsilon$  — установка с соблюдением равенства зазоров между элементами;  $1$  — установленный элемент;  $2$  — устанавливаемый элемент

### III.12. Допуски симметричности установки

Номинальный размер $L$ , мм	Допуск, мм, для класса точности					
	1	2	3	4	5	6
До 2500	2	3	5	8	12	20
2501...4000	2,4	4	6	10	16	24
4001...8000	3	5	8	12	20	30
8001...16 000	4	6	10	16	24	40
16 001...25 000	5	8	12	20	30	50
25 001...40 000	6	10	16	24	40	60
40 001...60 000	8	12	20	30	50	80
$K$	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5

допусками совмещения и отклонениями от совмещения ориентиров (точек, линий, поверхностей) (рис. III.8).

Допуски симметричности установки элементов (табл. III.12) указывают границы допустимой несимметричности, в том числе несоответствие положения концов элемента на опорах проектному положению.

На точность соблюдения равенства площадок опирания, симметричности установки элементов оказывают влияние размеры элемента, применяемый монтажный инструмент, способы производства и контроля работ. Для нормирования симметричности установки элементов предусмотрено шесть классов точности для семи интервалов номинальных размеров  $L$  до 60 м включительно. Для средних значений размеров этих интервалов определены значения единицы допуска по формуле, приведенной в табл. III.1. Этих же допусков надлежит придерживаться и при контроле равенства длин опирания элементов на опоры.

Симметричность установки элементов по равным длинам опирания первого и второго классов точности обеспечивается установкой элементов в проектное положение в несколько приемов с помощью регулируемых устройств (домкратов) и т. п. При этом контроль установки элементов по первому классу точности необходимо осуществлять с помощью измерительных инструментов, а по второму классу точности допускается визуальный контроль.

Установка элементов по третьему и четвертому классам точности предусматривает доводку элементов в проектное положение в несколько приемов с помощью ручного инст-



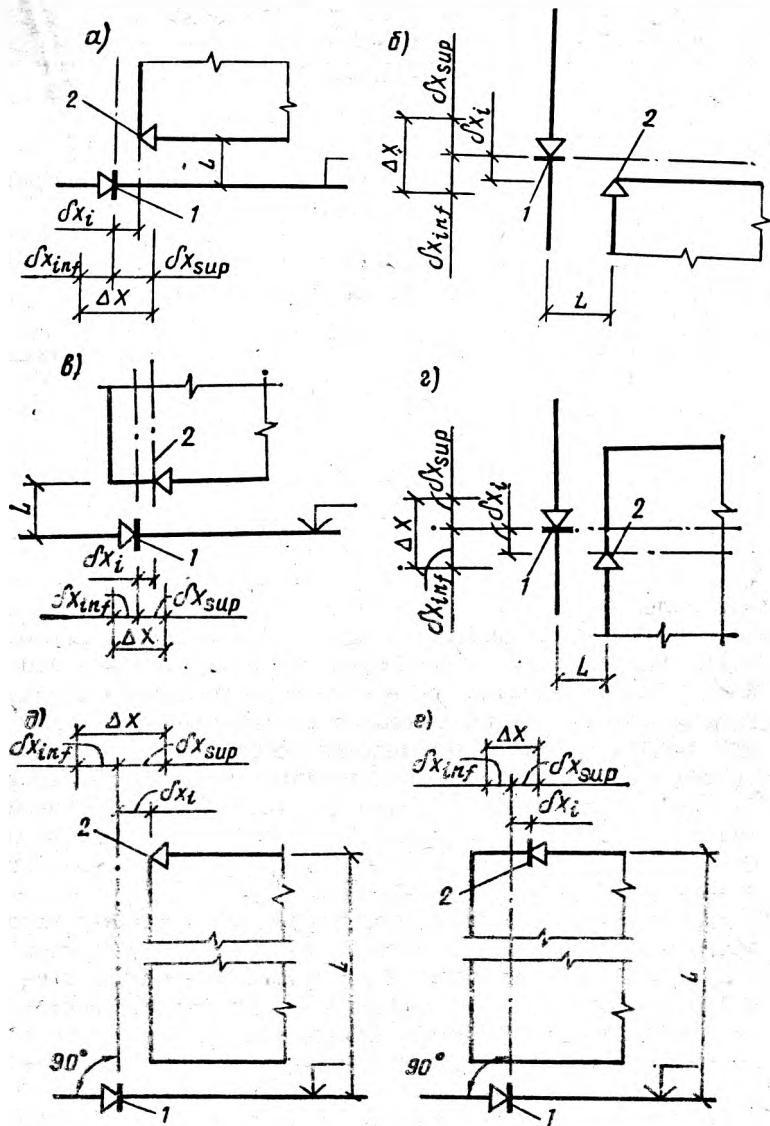


Рис. III.8. Допуск совмещения и отклонение от совмещения ориентиров

*a* — установка в плане по грани элемента; *б* — установка по высоте по грани элемента; *в* — установка в плане по осевой риске; *д* — установка верха элемента по его грани; *е* — установка верха элемента по осевой риске; *1* — ориентир, принимаемый за начало отсчета; *2* — ориентир устанавливаемого элемента

### III.13. Допуски совмещения ориентиров

Расстояние $L$ между ориентирами, мм	Допуск, мм, для класса точности					
	1	2	3	4	5	6
До 120	1,6	2,4	4	6	10	16
121...250	2	3	5	8	12	20
251...500	2,4	4	6	10	16	24
501...1000	3	5	8	12	20	30
1001...1600	4	6	10	16	24	40
1601...2500	5	8	12	20	30	50
2501...4000	6	10	16	24	40	60
4001...8000	8	12	20	30	50	80
8001...16 000	10	16	24	40	60	100
16 001...25 000	12	20	30	50	80	120
25 001...40 000	16	24	40	60	100	160
40 001...60 000	20	30	50	80	120	200
$K$	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5

румента (монтажного ломика и т. п.) при визуальном контроле.

Для пятого и шестого классов точности допускается установка элементов в один прием без последующей доводки с визуальным контролем за точностью установки. Основными факторами, влияющими на действительную точность при данном способе производства работ, являются технические характеристики крана и монтажной оснастки.

Допуски совмещения ориентиров при установке элементов (табл. III.13) нормированы для шести классов точности по двенадцати интервалам номинальных расстояний между ориентирами до 60 м включительно.

К основным факторам, определяющим действительную точность совмещения ориентиров, следует отнести расстояния между совмещаемыми ориентирами, применяемые способы контроля точности совмещения, монтажные средства и технологические приемы установки элемента.

Допуски совмещения ориентиров характеризуют две степени точности установки элементов:

совмещения ориентиров на опорном и опираемом элементе (низа элемента);

установки элемента по вертикали, а точнее, совмещения установочной риски, нанесенной на верхней его части, с риской-ориентиром, по которой выверяют положение верха элемента.

Для средних значений расстояний между ориентирами в интервалах определены единицы допуска по формуле, приведенной в табл. III.1.

Следует также помнить, что при ориентировании по грани элемента достигаемая точность его установки обычно на один класс ниже, чем при ориентировании по риску.

Теперь, когда получены необходимые знания о технологических допусках, самое время рассмотреть вопрос: точность каких этапов работ они нормируют? Широко распространено мнение о том, что предельными отклонениями, установленными соответствующими главами СНиП, необходимо руководствоваться как в процессе выполнения монтажных работ и геодезических разбивок, так и при сдаче-приемке этих работ для возведения последующих конструкций, а также при вводе в эксплуатацию зданий и сооружений. Однако известно, что между моментом установки и временного закрепления конструкций и сдачей-приемкой их после окончательного закрепления, а иногда и загрузки, проходит немало времени. Как правило, в этот период времени конструкции несколько изменяют свое первоначальное положение под влиянием различных факторов (термические усилия при сварке выпусков арматуры, неравномерность последующего нагружения конструкций, осадки фундаментов и др.). Исследованиями установлено, что в зависимости от степени и длительности влияния внешних факторов величина изменения фактического положения установленных (первоначально с соблюдением норм точности) конструкций может превысить предельные отклонения от проектного положения в два раза.

В свете изложенного приведенные в главах СНиП предельные отклонения надлежит рассматривать как ограничения погрешностей в положении установленных конструкций на стадии приемки монтажных работ, а не на стадии операционного контроля при их выполнении. Таким образом, допуски симметричности установки и совмещения ориентиров элементов, приведенные в табл. III.12 и III.13, характеризуют точность установки элементов после проектного закрепления. Точность же установки элементов при временном закреплении должна быть на один-два класса выше в зависимости от способа закрепления.

Обеспечение точности установки низа элемента по первому и второму классу точности достигается в несколько приемов с помощью монтажных приспособлений, оснащенных регулируемыми устройствами. При этом контроль за

### III.14. Выверка низа устанавливаемых элементов

Расстояние $L$ между рисками, мм	Методы и средства контроля для класса точности					
	1	2	3	4	5	6
До 8	По шаблону-кондуктору			Визуальный		
9...60	То же			То же		
61...250	По шаблону-кондуктору или отвесу с двух взаимно перпендикулярных сторон элемента			По отвесу с двух взаимно перпендикулярных сторон элемента		
251...500	То же			То же		
501...1600	По нитяному отвесу или теодолитом с двух взаимно перпендикулярных сторон элемента			»		

точностью совмещения ориентиров между собой рекомендуется осуществлять с использованием теодолитов для первого класса точности и нитяного отвеса — для второго класса точности.

Обеспечение третьего и четвертого классов точности при установке низа элемента предусматривает доводку последнего с помощью ручного инструмента в несколько приемов. При этом контроль за совмещением установочных рисков осуществляют визуально.

Пятый и шестой классы точности достигаются обычно при установке низа элемента в один прием без доводки.

Рекомендуемые монтажные приспособления и инструменты при выверке низа устанавливаемых элементов для шести классов точности и различных расстояний  $L$  между ориентирными рисками приведены в табл. III.14. На точность положения верха установленной колонны влияют погрешность совмещения установочной риски, нанесенной на верхней части, с риск-ориентиром, по которой выверяли положение верха колонны, и дополнительно величина отклонения временно закрепленной колонны после окончательного ее закрепления и последующего нагружения конструкциями каркаса. С учетом этого точность совмещения ориентиров при установке верха колонн рекомендуется обеспечивать на один-два класса выше, чем указано в нормах.

При установке верха колонн точность совмещения ориентиров зависит от монтажной оснастки, применяемых технических средств и способов контроля, а после окончательного (проектного) закрепления — дополнительно от харак-

### III.15. Выверка верха устанавливаемых элементов

Расстояние между рисками, мм	Технические средства для класса точности		
	1, 2	3, 4	5, 6
До 1600	Рейка-отвес с двух взаимно перпендикулярных сторон элемента		Нитяной отвес с двух взаимно перпендикулярных сторон элемента
1601...2500	То же		То же
2501...4000	»		»
4001...8000	Теодолит при двух кругах с двух взаимно перпендикулярных сторон элемента	Теодолит при одном круге	Тяжелый отвес массой 1—2 кг с успокоителем с двух взаимно перпендикулярных сторон
8001...16 000	То же	Теодолит при двух кругах с двух взаимно перпендикулярных сторон	Теодолит при одном круге с двух взаимно перпендикулярных сторон
16 001...25 000	То же	То же	То же
25 001...40 000	То же или прибор вертикального визирования ПЗЛ	»	Теодолит при двух кругах
40 001...63 000	То же	»	То же

тера нагружения (симметричное или несимметричное), конструкции стыков, вида соединения (болтовое или сварное), жесткости монтажных приспособлений, применяемых для временного закрепления.

Установку верха элементов по первому классу точности обеспечивают путем их доводки в несколько приемов с помощью регулируемых монтажных приспособлений (подкозов, струбцин, кондукторов и т. п.). При этом контроль за точностью совмещения ориентиров следует осуществлять с помощью теодолита.

Второй класс точности обеспечивает ограниченно-свободный метод монтажа, основанный на применении группового монтажного оснащения, содержащего ограничивающие устройства. При этом геодезическими средствами устанавливают только базовые элементы, а применение ограничивающих устройств в монтажном оснащении, например кондукторов групповых, позволяет устанавливать другие элементы сразу в проектное положение без последующей выверки их геодезическими инструментами.

Третий и четвертый классы точности обеспечиваются с помощью регулируемых монтажных приспособлений и контролем вертикальности установки конструкций с помощью рейки-отвеса.

Пятый и шестой классы точности совмещения рисков обеспечиваются установкой верха элементов в заданное положение краном в один прием без монтажного оснащения, а точность установки контролируется нитяным отвесом и другими простыми приспособлениями.

Необходимо иметь в виду, что выбор монтажного приспособления и способа производства работ, включая контрольные измерения, зависит не только от класса точности, но и от расстояния  $L$  между установочной рисккой на верхней части элемента и рисккой-ориентиром, по которой выверяют вертикальность элемента. С учетом этого обстоятельства более подробные рекомендации по выбору средств измерений для различных классов точности приведены в табл. III.15.

#### *Вопросы для повторения*

1. Что понимают под технологическими и функциональными допусками? Цель и особенности их назначения?

2. Приведите примеры функциональных допусков на изготовление и установку сборных элементов.

3. Погрешности каких процессов влияют на точность сопряжения сборных элементов?

4. Как влияет величина допуска на стоимость технологического процесса?

5. Дайте характеристику системы технологических допусков в строительстве, ее назначение.

6. Классы точности в системе технологических допусков и их назначение.

7. Что характеризует единица допуска?

8. Для каких параметров сборных элементов устанавливают ограничения искажений — допуски линейных размеров?

9. По каким геометрическим параметрам контролируют конфигурацию изготовленных сборных элементов?

10. Как характеризуется непрямолинейность и неплоскостность элементов?

11. Как характеризуется непрямоугольность элементов?

12. Для каких элементов пользуются допусками равенства диагоналей?

13. Назовите виды разбивочных работ при возведении зданий и сооружений, на которые установлены технологические допуски.

14. Какими технологическими допусками регламентируют точность положения смонтированных конструкций?

15. Что регламентирует допуск симметричности установки элементов?

16. Как обеспечивается симметричность установки элементов для различных классов точности?

17. Что регламентирует допуск совмещения ориентиров?

18. Как обеспечивается точность установки низа элементов для различных классов точности?

19. Как обеспечивается точность установки верха элемента для различных классов точности?

## ГЛАВА IV. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

### 16. Общие сведения о метрологии, ее назначение и задачи в строительстве

В решении проблемы обеспечения и повышения точности монтажа важная роль принадлежит метрологии, улучшению состояния измерительной техники.

Метрология в современном понимании — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Единство измерений предполагает, что результаты измерений выражены в узаконенных единицах и погрешности известны с заданной вероятностью.

Технический уровень средств и методов измерений, применяемых при монтаже стальных и железобетонных конструкций, в значительной мере определяет качество возводимых зданий и сооружений.

Измерения играют важную роль в рациональном управлении производственными процессами, они способствуют более четкой организации строительного производства.

Для качественного выполнения процесса измерений и обеспечения требуемой точности показаний измерительных приборов необходимо так организовать измерительное дело, чтобы обеспечить единообразие измерений, т. е. совпадение результатов измерений, производимых в разных местах разными приборами. Выполнение этого условия зависит от уровня и состояния средств измерений в строительной отрасли, их использования, т. е. от метрологического обеспечения.

Под единообразием средств измерений понимают градуировку их в указанных единицах и соответствие нормам их метрологических свойств.

В метрологии рассматривают:  
единицы физических величин и их системы, методы и средства измерений;  
общую теорию измерений;  
основы обеспечения единства и единообразия средств измерений;

эталоны и образцовые средства измерений;  
методы передачи размеров единиц от эталонов или образцовых средств измерений рабочим средствам измерений.

Основной целью метрологического обеспечения в строительстве является повышение качества возводимых зданий и сооружений и эффективности организации и управления строительно-монтажным производством. В частности, отметим, что количественная оценка качества монтажа и стабильности технологических процессов предполагают наличие достоверной информации, получаемой посредством измерений показателей качества продукции.

В строительстве используют много типов приборов общетехнического назначения, хотя потребность в технических средствах специального назначения очевидна. Из имеющихся технических средств специального назначения большинство не выпускаются серийно и не имеют соответствующих поверочных схем. Таким образом, наряду с установлением показателей качества для основных технологических процессов необходимо рекомендовать методы и средства измерений. Поэтому оснащение монтажных участков средствами измерений, содержание их в исправном состоянии — необходимая предпосылка достоверности результатов контроля качества строительной продукции.

Первоочередными задачами метрологического обеспечения строительно-монтажного производства являются:

организация ведомственной метрологической службы на основе перестройки работы строительных лабораторий, отделов технического контроля (ОТК), главного механика (ОГМ), главного энергетика (ОГЭ) и отделов контрольно-измерительных приборов (КИП) предприятий, а также технических инспекций, подразделений оргтехстроев, институтов и некоторых служб министерства;

установление подлежащих количественной оценке показателей качества продукции строительно-монтажных работ и параметров технологических процессов;

установление допусков и точности измерений, нормирование соотношений между допусками и погрешностью измерений;



контроль за оснащением отрасли необходимой контрольно-измерительной техникой, организацией ее выпуска и ремонта;

осуществление государственного и ведомственного метрологического надзора за средствами измерений;

совершенствование методик измерений и оценки точности результатов измерений, определение требований к средствам измерений, а также создание новых средств измерений и поверочной аппаратуры отраслевого назначения;

подготовка специалистов-метрологов строительно-монтажного производства и повышение их квалификации;

изучение основных принципов метрологии в строительном производстве.

## **17. Понятие об измерениях и единицах физических величин**

Измерения неразрывно связаны с инженерными изысканиями, проектированием и строительством зданий и сооружений. И, в этом смысле, они являются одним из важнейших путей познания проектируемого объекта строительства и создания его в процессе возведения. Соответствие положения установленных конструкций проектному проверяют в процессе исполнительной съемки, сущность которой составляют также измерения. Эксплуатация зданий, и в частности подкрановых путей, требует регулярных измерений с целью проверки геометрических параметров, обеспечивающих условия нормальной их работы. И здесь измерения как познавательный процесс служат обеспечению надежности и долговечности работы конструкций зданий и сооружений как в пространстве, так и во времени.

В строительстве при решении задач по определению размеров элементов и их положения в конструкции или в пространстве используют обычно две физические величины — *длину* и *угол*. При этом длину часто называют расстоянием — для отрезка прямой или кривой и превышением или высотой — для отрезка вертикали (отвесной линии).

Кроме того, говоря о размерах конструкций, различают: длину, ширину, высоту, толщину, радиус, диаметр и др.

Под *измерением* понимают процесс нахождения значения физической величины путем сравнения ее с другой однородной величиной, принятой за единицу меры.

Измерения выполняют с помощью специальных технических средств, получая именованное число, называемое

результатом измерения или измеренным значением величины, а также иногда — измеренной величиной. Таким образом, любой результат измерения имеет свое числовое значение и наименование, показывающее, в каких физических единицах он выражен. Действительно, ширина опорной плиты 1 м может быть выражена как 100 см или 1000 мм. За основную единицу длины (расстояние, горизонтальные проложения, отметка, превышения) в строительстве принят метр (м), представляющий длину жезла-эталоны, изготовленного в 1889 г. из платиноиридиевого сплава.

Для обеспечения высокой точности воспроизведения метра в Международной системе единиц (СИ) метр обозначен как длина, равная  $1650763,73$  длины волны в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями  $2 p_{10}$  и  $5 d_5$  атома криптона-86. В нашей стране этот световой метр утвержден в качестве нового государственного эталона с 1968 г.

За основную единицу плоского угла принят радиан  $\rho$  — угол, образованный двумя радиусами круга, ограничивающими на окружности дугу, длина которой равна радиусу.

Для производства сохранен в качестве практической единицы измерения угла градус, представляющий  $\frac{1}{90}$  часть прямого угла. В одном градусе 60 угловых минут ( $1^\circ = 60'$ ), а в одной минуте — 60 секунд ( $1' = 60''$ ).

Для перехода от градусной меры к радианной и обратно используют соотношения:  $\rho^\circ = 57,2957795^\circ$ ;  $\rho' = 3438'$ ;  $\rho'' = 206265''$ .

## **18. Классификация технических средств и методов измерения**

Измерение, как и всякий производственный процесс, в силу всеобщей связи различных факторов и их взаимодействия, представляет собой сложное явление.

Чтобы лучше понять существо измерений как познавательного процесса количественной и качественной стороны строительного производства и основы управления деятельностью монтажников, познакомимся с пятью основными факторами измерений:

объекта измерения как физической величины, значение которой определяется;

субъекта измерения (исполнителя измерений);

средств измерений в виде измерительных приборов, используемых исполнителем при измерениях;  
метода измерения, представляющего совокупность действий, составляющих сам процесс;  
внешней среды, в которой выполняются измерения.  
Эти необходимые пять факторов и другие, действующие при конкретных измерениях, характеризуют то, что называют условиями измерений.

В практике строительства зданий и сооружений условия измерений обычно регулируются инструкциями, наставлениями и другими документами. Так, например, при установке колонн отклонение их верха от разбивочной оси нормируют допуском, величина которого зависит от высоты колонн — ограничение объекта измерения. При этом предъявляют соответствующие требования к квалификации монтажников, к типу и качеству инструментов, выбирают обоснованные методы обеспечения и контроля точности монтажа. Добавим, что и сама выверка положения колонны, сопровождаемая измерениями, разрешается при определенных внешних условиях (сила ветра, видимость и т. п.).

По существу исполнения все измерения можно разделить на прямые (непосредственные) и косвенные (посредственные). *Прямыми* называют измерения, проводимые сравнением физической величины (объекта измерения) непосредственно с принятой единицей измерения. Примером может быть измерение рулеткой ширины колеи уложенного подкранового пути.

При *косвенном измерении* значение определяемой величины находят посредством вычислений по другим, уже известным из измерений величинам, функцией которых является искомая величина, например определение (вычисление) третьего угла треугольника по двум измеренным.

Кроме того, по количеству измерения разделяют на *необходимые* и *дополнительные* (избыточные). Например, если расстояние между двумя смежными колоннами измерено  $n$  раз, то одно из измерений является необходимым (для суждения о величине этого искомого расстояния), тогда как все остальные ( $n - 1$ ) — дополнительные (избыточные), называемые иногда добавочными.

Отметим, что название «избыточные» неудачно характеризуют их суть, так как эти измерения играют существенную роль в технике измерений. Во-первых, дополнительные измерения выполняют для контроля правильности получаемых результатов, что весьма важно, в частности, при

контроле размеров и формы изготовленных конструкций и при установке их в проектное положение. Во-вторых, избыточные измерения, как это будет видно из дальнейшего, позволяют определить более надежное значение искомой величины, чем отдельно взятый необходимый результат измерения. Наконец, при достаточном числе дополнительных измерений они дают возможность оценить точность выполненных измерений.

В процессе возведения зданий и сооружений выполняют *линейные, угловые, высотные и вертикальные измерения*. По назначению *средства измерений классифицируют на инструменты и приборы* для измерения углов, расстояний и превышений, передачи разбивочных осей и координат точек с одного горизонта на другой. Кроме того, при монтаже конструкций применяют специальные контрольно-измерительные приборы и измерительные инструменты (штангенциркули, индикаторы часового типа, различного типа угольники, уровни и т. д.), а также лучевые приборы для контроля прямолинейности, соосности и створных измерений.

**Средства измерений** — это технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические характеристики. Они включают в себя меры, измерительные приборы, установки и системы.

Многие современные приборы являются универсальными, т. е. применение их позволяет измерять более одной величины.

В настоящее время отечественной промышленностью и предприятиями социалистических стран выпускается значительное количество новых технических средств измерений, знание возможностей и эксплуатационных характеристик которых должно способствовать успешному внедрению их в монтажное производство.

В связи с появлением и внедрением оптических квантовых генераторов получили дальнейшее развитие приборы для контроля прямолинейности, соосности и створных измерений. Обеспечение правильной установки элементов конструкций, а также фиксация заданного направления, уклона и т. д. в этом случае достигаются посредством использования луча лазера в качестве направляющей линии или плоскости.

Следует отметить, что успех выполнения всего комплекса контрольно-измерительных операций при выверке конструкций в определенной мере зависит от качества и устой-

чивости вспомогательного оборудования, представляемого на монтаже в виде держателей, кронштейнов и различного рода штативов, марок и специальных реек.

Кроме того, все приборы можно разделить на стандартные, выпускаемые серийно в соответствии с утвержденными стандартами, и нестандартизированные, т. е. не предназначенные для серийного или массового производства.

В настоящее время значительная часть средств измерения выпускается серийно в соответствии с действующими стандартами. Стандарты представляют собой нормативные документы, регламентирующие основные параметры и размеры, а также рекомендующие методику контроля качества изготовления приборов и инструментов. Приведем основные ГОСТы:

- 7502—80 Рулетки измерительные металлические. Технические условия
- 427—75 Линейки измерительные металлические. Технические условия
- 166—80 Штангенциркули. Технические условия
- 9392—75 Уровни рамные и брусковые для машиностроения. Технические условия
- 882—75 Шупы. Технические условия
- 3749—77 Угольники поверочные 90°. Технические условия
- 10529—86 Теодолиты. Типы и основные параметры. Технические требования
- 10528—76 Нивелиры. Общие технические условия
- 11158—83 Рейки нивелирные. Общие технические условия
- 22550—77 Центриры оптические. Типы и основные параметры. Технические требования

В зависимости от сферы действия различают стандарты государственные (ГОСТ), отраслевые (ОСТ), республиканские (РСТ) и стандарты предприятия (СТП).

Сведения о стандартах публикуются ежегодно в «Указателе государственных стандартов СССР». Ежемесячно в информационном указателе сообщается об изменениях и дополнениях, о прекращении действия или введении в действие тех или иных ГОСТов. Эти изменения и дополнения фиксируются службами стандартизации соответствующих монтажных организаций.

## **19. Метрологические показатели средств измерений**

В практике строительства зданий и сооружений специалистам приходится выполнять большой комплекс различного рода измерений. Выбор того или иного средства измерений обусловлен условиями работы на монтажной пло-

щадке, размером и формой измеряемого параметра, требуемой точностью измерения и многими другими факторами. При этом исполнители учитывают основные метрологические показатели имеющихся на монтажном участке технических средств измерений, как-то: цену деления шкалы, интервал деления шкалы, пределы измерения и погрешности измерения, а также измерительное усилие.

*Под ценой деления шкалы понимают разность значений величин, соответствующих двум соседним делениям шкалы.* Например, у рулетки РС-2 цена деления равна 1 мм. Цену деления шкалы измерительного средства не следует принимать за точность отсчета, поскольку последняя определяется погрешностью отсчета, которая хотя и зависит от цены деления шкалы, но бывает, как правило, меньше нее.

*Под интервалом деления шкалы понимают расстояние между двумя соседними делениями шкалы.* Так, у цилиндрических уровней интервал деления на ампуле обычно составляет 2 мм, а цена деления характеризуется центральным углом, опирающимся на дугу ампулы уровня, равную одному делению. Чувствительность уровня, т. е. точность, с которой можно привести плоскость элемента в горизонтальное положение, обуславливается ценой деления шкалы, которая в свою очередь зависит от радиуса кривизны дуги уровня.

Часто цену деления шкалы ампулы уровня выражают в миллиметрах на 1 м длины, т. е. через его наклон, соответствующий перемещению пузырька на одно деление шкалы. Отметим, что цене деления уровня в угловой мере 2" соответствует величина наклона в линейной мере 0,01 мм на 1 м длины.

*Под допускаемой погрешностью измерительного средства понимают наибольшую погрешность, при которой это средство может быть признано годным и допущено к измерениям.* Для всех видов измерительных средств, выпускаемых отечественной промышленностью, обязательно устанавливаются точностные характеристики, определяющие их пригодность к применению по назначению. Кроме того, для всех средств измерений указываются *пределы измерений*, т. е. наибольший и наименьший размеры, которые можно измерить данным инструментом с установленной для него точностью. При этом часто выделяют еще такой метрологический показатель, как *пределы измерений по шкале*, т. е. наибольшее и наименьшее значение размера, которое можно отсчитать непосредственно по шкале.

Технические средства измерений и приемы их использования являются основными составляющими методов измерения, которые различают по способу получения значений измеряемых величин. *Метод непосредственной оценки* — определение всей измеряемой величины непосредственно по показаниям измерительного средства. Примером может служить определение размеров фундамента под колонну с использованием рулетки.

*Метод сравнения с мерой* — определение отклонения измеряемой величины от известного заданного размера установочной меры или образца. Для этого метода характерно использование различного рода калибров в качестве технических средств измерений.

## **20. Обеспечение единства измерений**

Под единством измерений понимают такое состояние процесса, когда его результаты с заданной вероятностью удовлетворяют установленным требованиям и выражены в принятой системе единиц. При этом единство и достоверность измерений обеспечивается системой мероприятий по метрологическому обеспечению, в содержание которого согласно ГОСТ 1.25—76 входят:

установление и применение правил и норм точности измерений;

выявление оптимальной номенклатуры параметров средств измерений;

обеспечение технологических процессов современными методиками измерений;

разработка образцовых мер и средств измерений для передачи единиц физических величин от эталонов к рабочим приборам;

обеспечение готовности средств измерений к выполнению измерений с заданной точностью.

При оценке метрологических качеств средства измерений и возможности его использования проверяют его параметры и *метрологические характеристики, к которым, в первую очередь, относят диапазон и погрешность измерений.*

Контроль метрологических характеристик, проводимый государственной или ведомственной метрологической службой, осуществляют путем испытаний, поверок, аттестации средств измерений, а также надзора за их состоянием и применением.

Под испытанием понимают совокупность экспериментальных операций, проводимых со средством измерений для установления соответствия его технических параметров, размеров и характеристик нормативным требованиям.

Испытаниям могут подвергаться как средства измерений, так и объекты измерений (строительные конструкции и их положение). В частности, для подтверждения устойчивости технологического процесса или соответствия выпускаемой строительной продукции ее утвержденному типу проводят контрольные (периодические) испытания.

Под проверкой средства измерений понимают контроль его метрологической исправности (соответствие установленным требованиям) и (или) определение конкретных значений метрологических характеристик средства измерений (обычно диапазона и погрешности измерения). *Проверки* различают *первичные* — при выпуске средства измерений из производства или ремонта, и *периодические* — осуществляемые через определенные промежутки времени. Проверки состоят из метода, средства и операции. При этом под методом проверки понимают совокупность правил и приемов проведения проверки, а под средством проверки — технические средства (рабочие эталоны, образцовые средства измерений, аппаратура, устройства), необходимые для осуществления проверки. *Операция проверки* — отдельный самостоятельный этап, в результате которого определяют фактическое значение метрологической характеристики (чаще всего погрешность измерения)веряемого средства измерений.

Следующим видом контроля средств измерений является метрологическая аттестация, представляющая исследование средства измерений, выполняемого метрологическими органами, для установления его соответствия своему назначению. На основании аттестации выдается официальный документ с указанием полученных данных.

*Метрологический надзор* — контроль за производством, состоянием, применением и ремонтом средств измерений. Проверка или аттестация средств измерений сводится к сличению рабочих средств измерений с эталоном или образцовыми средствами измерений на основании *поверочной схемы* — утвержденного в установленном порядке документа, устанавливающего средства, методы и точность передачи размера единицы физической величины от эталона рабочим средствам измерений.



В зависимости от широты распространения поверочной схемы на применяемые средства измерений различают *государственные, ведомственные и локальные поверочные схемы.*

## **21. Погрешности измерений, их классификация и источники возникновения**

Практикой различного рода измерений во всех областях человеческой деятельности, в том числе и в строительстве, установлено, что результаты измерений не совпадают со значениями измеряемых величин, т. е. содержат погрешности. Более того, выполненные измерения одной и той же величины в общем случае также отличаются друг от друга, т. е. в каждом измерении есть погрешность. Таким образом, обобщение опыта измерений приводит к выводу, что получаемые нами результаты характеризуют физические величины с некоторым приближением к их истинным значениям. Поэтому необходимо изучать погрешности результатов измерений, а также причины их возникновения, чтобы ограничить их влияние на результаты измерений.

Качество измерений характеризуется точностью полученных результатов, отражающей их близость к истинному значению измеряемой величины. Таким образом, результатом измерения должны быть полученное значение физической величины, характеризующей количественную сторону процесса, и его точность, определяющая качество измерений. Отклонение результата измерения величины  $x_i$  от ее точного значения  $x$  называют истинной погрешностью  $\Delta$  измерения, т. е.  $\Delta = x_i - x$  (IV.1).

Измерения выполняют при наличии определенных условий, влияющих на их точность. При этом процесс измерений характеризуется рядом факторов, среди которых выделяют: объект измерений, субъект измерений, технические средства, методы измерений и внешнюю среду.

Число перечисленных факторов измерений соответствуют различные погрешности:

о б ъ е к т а и з м е р е н и й, связанные с изменением измеряемой величины в процессе измерений, неоднородностью объекта измерений, нечеткими границами его и т. п.;

л и ч н ы е, зависящие от квалификации оператора (исполнителя измерений) и его психологических особенностей;

и н с т р у м е н т а л ь н ы е, возникающие ввиду невозможности точной юстировки мерного прибора и ограниченности его точности;

метода измерений, обусловленные упрощением используемых формул и процессов измерения;

внешние, обусловленные влиянием температуры, влажности, освещенности, вибрации и т. д.

Любой результат измерения содержит сложную суммарную погрешность, состоящую из большого количества элементарных погрешностей, порождаемых влиянием перечисленных факторов измерений. Измерения считаются равноточными, если все перечисленные факторы и их влияние на процесс измерений примерно одинаковы в течение всего периода производства измерений. При неодинаковых факторах результаты будут неравноточными. Они также будут неравноточными, если условия измерений, характеризуемые рассмотренными выше пятью факторами, будут различаться хотя бы по одному из них.

Все элементарные погрешности измерений классифицируют по двум признакам: источнику происхождения (инструментальные, внешние и личные) и характеру их действия (грубые, систематические, случайные). Грубыми погрешностями называют такие, которые по своей абсолютной величине превосходят установленный для данных условий измерений предел. Они резко отклоняют результаты измерений от действительных значений измеряемых величин и должны обязательно своевременно исключаться. Причиной возникновения грубых погрешностей может оказаться любой из пяти факторов измерений. Чаще всего к такого рода погрешностям относятся промахи в измерениях, вызванные невнимательностью наблюдателя, неисправностью инструмента или неучетом влияния внешней среды, которым нельзя пренебречь. Поскольку исполнитель должен своевременно принимать меры к их недопущению, то, естественно, грубые погрешности следует относить к категории личных. Задача исполнителя состоит в организации контроля работ для своевременного устранения из результатов грубых погрешностей. Наиболее действенным методом обнаружения грубых погрешностей является выполнение контрольных измерений тем же инструментом или иным, но той же точности. Поэтому проектные расстояния откладывают дважды. Аналогично поступают при разбивочных работах в процессе монтажа конструкций и с другими проектными величинами. Таким образом, устранить в измерениях грубые погрешности не только можно, но и должно.

Но в измерениях всегда остаются погрешности иного рода: систематические и случайные.

Систематические погрешности носят так называемый правильный характер, т. е. при повторных измерениях они либо остаются без изменений, либо изменяются по какому-то определенному закону, либо, изменяясь случайным образом, сохраняют постоянство своего знака. Соответственно, различают три вида систематических погрешностей измерения: постоянные, переменные и односторонне действующие. Так, примером постоянной погрешности может служить погрешность измерения ширины колеи подкранового пути, вызванная погрешностью компарирования рулетки, а односторонне действующей — погрешность измерения ширины колеи пути, возникающая из-за неперпендикулярности полотна рулетки оси подкранового пути.

Некоторые систематические погрешности можно устранить из результатов измерения, применив соответствующие методы измерений. Так, при передаче отметки с репера на строительные конструкции нивелированием из середины исключают погрешности из-за непараллельности визирной оси трубы и оси цилиндрического уровня. Влияние других систематических погрешностей можно значительно ослабить путем введения соответствующих поправок: компарирования рулетки, нестворности ее укладки, разности высот ее концов при измерении и др. При этом поправка равна погрешности измерения по величине, а в результат измерения ее следует вводить с обратным знаком.

Погрешности, в последовательности появления которых нет видимой закономерности, называются случайными. В то же время громадный опыт технических измерений показывает, что в больших рядах случайных погрешностей равноточных измерений проявляется так называемая статистическая закономерность (закономерность массовых явлений), т. е. они обладают следующими свойствами:

для данных условий измерений случайные погрешности не могут превышать по абсолютной величине известного предела;

малые по абсолютной величине погрешности появляются чаще больших;

положительные погрешности появляются так же часто, как и равные им по абсолютной величине отрицательные погрешности;

среднее арифметическое из случайных погрешностей измерений одинаковой точности одной и той же величины

неограниченно стремится к нулю с увеличением числа измерений.

В соответствии с приведенными статистическими свойствами случайных погрешностей наиболее простой и достаточно точной вероятностной моделью их распределения является нормальное распределение, или закон Гаусса.

Чаще всего измерения организуют так, чтобы можно было получить кроме необходимых и дополнительные результаты. При этом возникают три практические задачи, которые решаются с помощью теории погрешностей измерений.

*Первая задача:* которое из измерений принять в качестве лучшего приближения к действительному значению измеряемой величины (размера)? Или, может быть, по этим результатам можно путем вычислений получить новое, более точное приближение? Для решения этой задачи теория погрешностей дает (при наличии дополнительных измерений) правила вычисления наиболее точных приближений к действительным значениям измеренных физических величин.

Кроме того, для правильного использования результатов измерений помимо количественного показателя весьма важно иметь и его качественную характеристику, т. е. знать, с какой точностью получены результаты измерений или, иными словами, насколько полно они характеризуют объект измерения? Поэтому для решения этой *второй задачи* теория погрешностей дает (при наличии дополнительных измерений) правила оценки точности результатов измерений и наилучших их приближений, т. е. арифметических средних из этих результатов.

Целью измерений является определение интересующих нас размеров с необходимой точностью в кратчайший срок и при наименьших затратах. При решении этой *третьей задачи* теория погрешностей позволяет так планировать измерения, чтобы исполнители получали результаты с наименьшей затратой материальных средств и времени и при достаточной для существа дела точности. Приведенное изображение показывает огромное значение практических знаний по теории погрешностей для технических измерений.

Эти знания позволят мастерам и прорабам правильно ориентироваться в сложной ситуации на монтажной площадке при выборе методик и технических средств измерений, а также при оценке точности получаемых результатов. Последнему сопутствуют соответствующие инженерные расчеты, основанные на математическом аппарате, составляющем главное содержание теории погрешностей измерений.

Таким образом, решение перечисленных трех задач теории погрешностей дает возможность производить предварительный расчет точности предстоящих технических измерений, что необходимо для правильной организации работ на монтажной площадке.

## 22. Способы повышения точности измерений и результата многократных измерений

Приведенные в § 21 свойства случайных погрешностей служат основой для определения наиболее надежных значений измеренных величин.

Так как при многократных измерениях одинаково вероятны как положительные, так и отрицательные случайные погрешности, принято считать, что среднее арифметическое  $x_m$  значение ряда повторных измерений  $x_i$  является наиболее надежным значением измеряемой величины (размера):

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (\text{IV.2})$$

где  $n$  — число измерений одной и той же величины.

Таким образом, если влияние систематических погрешностей на результат меньше, чем случайных, то, увеличивая число дополнительных измерений, можно получить путем вычисления  $x_m$  значение измеряемой величины с точностью, которая выше точности одного измерения. Следует особо подчеркнуть, что приведенные соображения верны лишь при измерениях, сопровождающихся только случайными погрешностями, или при преобладании их над систематическими.

Укажем также, что при многократных измерениях случайная погрешность вычисленного наиболее надежного значения  $x_m$  будет в  $\sqrt{n}$  раз меньше суммарных случайных погрешностей одного (отдельного) измерения. Если же влияние систематической погрешности на результат измерения является определяющим по сравнению с влиянием случайной погрешности, то достаточно выполнить только два измерения, так как увеличение их числа не обеспечивает существенного повышения точности конечного результата  $x_m$ . Отметим, что в этом случае первое измерение будет необходимым, т. е. характеризующим количественную сторону измеряемой величины, а второе — контрольным,

используемым в основном для выявления грубой погрешности. Как видим, из результатов многократных измерений можно получить более полную информацию об интересующем нас параметре, например ширине колеи подкранового пути, если выполнить еще несложную математическую обработку результатов всех проведенных измерений. Опыт показывает, что при современных требованиях к производству разбивочных работ, выполняемых при монтаже конструкций, отсутствие дополнительных измерений и боязнь небольшой математической обработки результатов вредно отражается на их точности, а следовательно, и на собираемости конструкций в целом. Кроме того, ценность результата многократных измерений значительно повысится, если вычисление среднего арифметического значения  $x_m$  будет сопровождаться оценкой его, т. е. определением погрешности. Таким образом, при ответственных разбивочных работах рекомендуется выполнять ряд повторных измерений (5—10) и на основе полученных результатов вычислить среднее арифметическое значение  $x_m$ , как наиболее надежный результат этих измерений. Кроме того, полезно вычислить среднюю квадратическую погрешность  $Sx_m$  вычисленного значения  $x_m$ , а результат записать в виде  $x_m \pm Sx_m$ .

### **23. Числовые характеристики точности результатов измерения**

*Точность измерений выражает степень близости полученных результатов измерений к действительному значению измеряемой величины.* Вследствие случайных погрешностей измерений эта близость различна для разных результатов. Поэтому точность измерений характеризуют некоторой средней величиной случайной погрешности. Казалось бы, естественно взять для этого среднее арифметическое из всех случайных погрешностей. Однако при этом на величину средней случайной погрешности влияли бы разные знаки отдельных погрешностей, и могло бы случиться, что ряд с более крупными погрешностями получил бы меньшую среднюю погрешность, чем другой ряд с меньшими погрешностями. Если же составить среднее арифметическое из абсолютных значений случайных погрешностей, то при этом не будет достаточно четко отражено наличие в данном ряду отдельных, сравнительно крупных погрешностей. Естественно считать, что чем крупнее в данном ряду отдельные погрешности, тем ниже точность измерения. Исходя из

этих соображений, целесообразно установить такой критерий точности измерений, который не зависел бы от знаков отдельных погрешностей и более рельефно отражал бы отдельные, сравнительно крупные погрешности. Этим требованиям удовлетворяет средняя квадратическая погрешность  $S$ , которая и служит мерой точности измерений:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2 / n} \quad (IV.3)$$

где  $\Delta_i$  — истинная погрешность.

Поскольку истинное значение измеряемой величины никогда не бывает известно, то, используя результаты многократных измерений, среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения обычно определяют по формуле

$$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n v_i^2 / (n-1)} \quad (IV.4)$$

где  $v_i$  — разность между измеренным  $x_i$  и средним арифметическим значением  $x_m$ .

При этом контролем правильности вычисления  $v_i$  и среднего арифметического  $x_m$  служит равенство  $\sum v_i = 0$ , которое полностью соблюдается, если значение  $x_m$  получено без округления. Точность среднего арифметического  $x_m$ , вычисленного по числу  $n$  равнозначных измерений, будет в  $\sqrt{n}$  выше точности отдельно взятого измерения:

$$S_x(m) = S_x / \sqrt{n} = \sqrt{\sum v_i^2 / n(n-1)} \quad (IV.5)$$

В нормативно-технической документации (СНиПах, ГОСТах, инструкциях и т. д.) требуемую точность измерений чаще характеризуют предельной погрешностью  $\delta x_{\text{sup}}$ , т. е. той наибольшей погрешностью, которую можно допустить при данных условиях измерений.

Зависимость между предельной и средней квадратической погрешностями можно выразить уравнением

$$\delta x_{\text{sup}} = t\sigma \quad (IV.6)$$

где  $t$  — величина, устанавливаемая в зависимости от допускаемой вероятности;  $\sigma$  — теоретическое значение (стандарт) средней квадратической погрешности.

При достаточно большом числе измерений случайная погрешность измерения может быть больше средней квадратической примерно в 32 случаях из 100, больше удвоенной средней квадратической только в 5 случаях из 100 и

больше утроенной средней квадратической только в 3 случаях из 1000. Поэтому утроенную среднюю квадратическую погрешность обычно считают предельной, так как маловероятно, чтобы случайная погрешность ее превысила  $\delta x_{s_{пр}} = 3\sigma$ .

Поэтому погрешности, по абсолютной величине превышающие  $\delta x_{s_{пр}} = 3\sigma$ , принято считать грубыми, и соответствующие им результаты измерения отбраковывать. Необходимо отметить, что получаемая путем вычисления средняя квадратическая погрешность  $S_x$  является приближенным значением стандарта  $\sigma$ , что особенно заметно при небольшом числе измерений (табл. IV.1).

#### IV.1. Определение относительной погрешности измерений

$n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25
$(S_s/S) 100, \%$	50	41	35	32	29	27	25	24	22	18	16	14

Приближенная оценка точности определения самой погрешности  $S$  выражается формулой

$$S_s = S/\sqrt{2n}. \quad (IV.7)$$

На основании этой зависимости в табл. IV.1 приведена (нижняя строка) относительная погрешность определения  $S$ , выраженная в процентах в зависимости от числа измерений  $n$ .

Как видно из таблицы, средние квадратические погрешности, вычисленные по малому числу измерений, содержат заметные погрешности. Например, при числе измерений  $n = 2$  погрешность определения составит половину ее величины. Поэтому при практических расчетах среднюю квадратическую погрешность достаточно вычислить с двумя значащими цифрами. При этом рекомендуется совместная запись полученного результата измерения и его средней квадратической погрешности  $x \pm S_x$  или  $x_m \pm S_{x_m}$ , которую следует читать так: «полученный результат измерения  $x$  с точностью, характеризующейся средней квадратической погрешностью». Поскольку  $S_x$  получено, как правило, по ограниченному числу измерений и приближенно характеризует стандарт  $\sigma$ , то для определения действительного предельного отклонения  $\delta x_{пр}$  рекомендуется использовать зависимость  $\delta x_{пр} = tS_x$ . При  $n \leq 20$  для обеспечения заданной вероятности  $P = 0,9973$  коэффициент  $t$ , зависящий от числа дополнительных измерений  $(n - 1)$ , следует вы-



бирать по табл. IV.2. При этом запись результата измерения и его точность, выраженную в данном случае предельной погрешностью, целесообразно представлять в форме интервальных оценок  $x = x_m \pm tSx_m$ .

IV.2. Значение коэффициента  $t$

$n-1$	$t$	$n-1$	$t$	$n-1$	$t$
5	5,5	9	4,09	16	3,55
6	4,91	10	3,96	18	3,48
7	4,53	12	3,76	19	3,45
8	4,28	14	3,64	20	3,42
				~	3

## 24. Математическая обработка результатов измерения

Если имеются результаты многократных прямых независимых равноточных измерений одного и того же размера  $x$ , то за наилучшее приближение к этому определяемому размеру обычно принимают среднее арифметическое  $x_m$ , как наиболее надежный результат таких измерений.

Математическую обработку равноточных измерений одной и той же величины проводят в следующем порядке:

- 1) вычисляют по формуле (IV.2) наиболее надежное — вероятнейшее значение измеренной величины  $x_m$ ;
- 2) находят по формуле (IV.4) среднюю квадратическую погрешность  $S_x$  одного измерения;
- 3) определяют по формуле (IV.5) среднюю квадратическую погрешность  $Sx_m$  вероятнейшего значения  $x_m$ .

Наиболее надежным — вероятнейшим значением измеренной величины, полученным по результатам равноточных измерений  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , является среднее арифметическое значение  $x_m$ , которое при большом числе измерений приближается по вероятности к точному значению измеренной величины  $x$ .

Для упрощения вычисления среднего арифметического значения, называемого также арифметической серединой, полезно ввести приближенное значение измеряемой величины  $x_0$  и вычислить остатки  $\epsilon_i = x_i - x_0$ . При этом за  $x_0$  обычно принимают наименьший результат измерений с тем, чтобы все остатки были положительными и малой величины. Иногда за  $x_0$  принимают округленный, удобный

для вычисления результат измерения. При таком подходе формула арифметической середины имеет вид:

$$x_m = x_0 + \frac{\sum \varepsilon_i}{n}. \quad (IV.8)$$

Отыскание этого наилучшего приближения, или, как иногда называют этот процесс, уравнивание измерений, лучше всего проследить на примере. Так, расстояние между разбивочными осями измерено рулеткой четыре раза ( $n = 4$ ), при этом сделано четыре пары отсчетов и три сдвига полотна рулетки. Результаты измерения записаны в табл. IV.3.

$$\sum \varepsilon/n = +12/4 = +3 \text{ мм}; \quad x_m = x_0 + (\sum \varepsilon/n) = 24,003 \text{ м.}$$

В нашем примере примем  $x_0 = 24,000$  м, а вычисленные отсатки запишем в третью графу табл. IV.3.

Среднее арифметическое значение  $x_m$  вычислим через приближенное значение  $x_0$  по формуле (IV.8):

$$x_m = 24,000 \text{ м} + 0,012/4 = 24,003 \text{ м.}$$

Полученное значение  $x_m$  и будет наилучшим приближением к определяемому действительному расстоянию между разбивочными осями.

**Вычисление средней квадратической погрешности измерения через отклонение от среднего арифметического.** Далее следует определить точность измерений путем нахождения средней квадратической погрешности  $S_x$  одного измерения. Для этого вычисляем (см. табл. IV.3) отклонения  $v_i$  среднего арифметического значения  $x_m$  от отдельных результатов измерения  $x_i$ :

$$v_i = x_i - x_m.$$

Контролем правильности вычислений  $x_m$  и  $v_i$  служит  $\sum \delta_i = 0$ . Это равенство будет приближенным, если среднее арифметическое значение  $x_m$  вычислено с округлением.

Точность измерения, характеризуемую средней квадратической погрешностью одного измерения, обычно вычисляют на практике по формуле (IV.4). Используя данные табл. IV.3, получим:

$$S_x = \sqrt{\sum v_i^2 / (n-1)} = \sqrt{20/3} = 2,6 \text{ мм.}$$

Средняя арифметическая погрешность характеризует точность измерений до уравнивания, т. е. до нахождения среднего арифметического значения  $x_m$  измеряемой величины.

### IV.3. Обработка результатов равноточных измерений

№ измерения	Результаты измерений $x_i$ , мм	Остатки $v_i$ , мм	Вероятнейшие отклонения, $v_i = x_i - x_m$ , мм	$v^2$
1	24,006	+6	+3	9
2	00	0	-3	9
3	04	+4	+1	1
4	02	+2	-1	1
$x_0 = 24,000$		$\Sigma +12$	0	20

В теории погрешности доказывается, что средняя квадратическая погрешность среднего арифметического  $x_m$  в  $\sqrt{n}$  раз меньше средней квадратической погрешности отдельного измерения  $x_i$ . Используя формулу (IV.5), получим:

$$S_{x_m} = \sqrt{\Sigma v_i^2 / n(n-1)} = \sqrt{20 / (4 \cdot 3)} = 1,3 \text{ мм, т. е.}$$

$S_{x_m}$  будет меньше  $S_x$  в  $\sqrt{n}$  раз:

$$S_x / S_{x_m} = \sqrt{n} = \sqrt{4} = 2.$$

Отметим, что средняя квадратическая погрешность  $S_{x_m}$  арифметической середины  $x_m$  служит характеристикой для оценки точности измерений после их уравнивания, т. е. после нахождения более надежного значения  $x_m$  измеренной величины. Она показывает, в какой мере ослаблено влияние случайных погрешностей отдельных измерений при нахождении по ним среднего арифметического значения  $x_m$ .

В процессе записи результат отдельного измерения  $x_i$  рекомендуется сопровождать известным для данных условий измерения стандартом:  $x_i; \sigma$ , а при вычисленном среднем арифметическом значении  $x_m$  и его средней квадратической погрешности  $S_{x_m}$  указывается доверительный интервал  $x = x_m \pm tS_{x_m}$ .

**Оценка точности по разностям двойных равноточных измерений.** При детальном разбивочных работах, монтаже конструкций и контроле их установки обычно измерение каждого параметра выполняют дважды. Такие двойные измерения мы имеем при передаче отметок (геометрическое

#### IV.4. Обработка результатов двойных измерений

№ станции	Превышения $h$ , м		$d_i - h_{\text{ч}} - h_{\text{к}}$ , мм	$d_i^2$ , мм <sup>2</sup>
	по черной стороне, $h_{\text{ч}}$	по красной стороне, $h_{\text{к}}$		
1	-1,293	-1,295	+2	4
2	-0,456	-0,453	-3	9
3	+0,231	+0,233	-2	4
4	+0,548	+0,548	0	0
5	+1,057	+1,052	+5	25
			$\Sigma$	42

нивелирование по двум сторонам рейки) с рабочих реперов к месту установки конструкций или при измерении углов при двух положениях вертикального круга (КП и КЛ), а также при линейных измерениях.

При двойных равноточных измерениях каждого параметра среднюю квадратическую погрешность одного измерения  $S_x$  определяют по разностям  $d_i$ , полученным для каждой пары этих измерений ( $d_i = d' - d''$ ):

$$S_x = \sqrt{\Sigma d_i^2 / (2n)}. \quad (IV.9)$$

В табл. IV.4 приведены результаты измерений превышений на пяти станциях, полученные по обеим (черной и красной) сторонам реек в процессе передачи отметок под установку конструкций каркаса здания.

Определим среднюю квадратическую погрешность превышения при передаче отметки с одной стоянки нивелира по одной стороне реек:

$$S_h = \sqrt{\Sigma d_i^2 / (2n)} = \sqrt{42/10} = 2,1 \text{ мм.}$$

Поскольку за окончательное значение берется среднее превышение  $h_{\text{ср}} = (h_{\text{ч}} + h_{\text{к}})/2$ , полученное по обеим сторонам реек, то оно будет в  $\sqrt{2}$  раза точнее превышения, полученного по одной (черной или красной) стороне реек:

$$S_{h_{\text{ср}}} = S_h / \sqrt{2} = 2,1 \text{ мм} / \sqrt{2} = 1,5 \text{ мм.}$$

Приведенные формулы оценки точности по разностям двойных измерений применяют, если в разностях нет систематических погрешностей.

При наличии в разностях  $d_i$  систематической погрешности  $\theta$ , ее определяют  $\theta = \Sigma d_i / n$  и из разности исключают

#### IV.5. Обработка результатов измерения углов

№ угла	Результаты измерений		$d_i =$ $= \text{КП} - \text{КЛ}'$ $\dots$	$\delta = d_i - \theta, \dots$	$\delta_i^2$
	КП	КЛ			
1	89°59,4'	89°59,2'	+0,2'	+0,7	0,49
2	89°59,6'	90°00,1'	-0,5	0,0	00
3	90°00,1'	90°00,7'	-0,6	-0,1	01
4	89°59,9'	90°00,6'	-0,7	-0,2	04
5	89°59,2'	90°00,0'	-0,8	-0,3	09
		$\Sigma$	-2,4	+0,1	0,63

$\delta_i = d_i - \theta$ , а точность отдельного измерения оценивают по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum \delta_i^2}{2(n-1)}}. \quad (\text{IV.10})$$

В табл. IV.5 приведены результаты измерения пяти углов между разбивочными осями при приемке фундаментов монтажниками от генподрядчика.

В данном примере задачу ограничим только определением средних квадратических погрешностей  $S_d$  и  $S$  измерения углов одним полуприемом и полным приемом.

Вычисленные разности показывают, что в измерениях имеется значительная систематическая погрешность  $\theta = \Sigma d_i / n = -2,4' / 5 = -0,48$ .

Исключим значение систематической погрешности  $\theta$  из разностей  $d_i$ :

$$\delta_i = d_i - \theta.$$

Правильность вычисления значений  $\theta$  и  $\delta$  контролирует равенством  $\Sigma \delta_i = 0$ , которое точно соблюдается, если систематическая погрешность получена без округления. Указанная сумма будет несколько отличаться от нуля, если значение  $\theta$  было вычислено с округлением. Вычислим среднюю квадратическую погрешность  $S$  измерения угла одним полуприемом по формуле (IV.10):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{2(n-1)}} = \sqrt{0,63' / 8} = 0,28'.$$

Так как за окончательное значение угла  $\beta$  берут среднее  $\beta = (\text{КП} + \text{КЛ}) / 2$  из двух результатов, полученных в по-

луприемах, то оно будет в  $\sqrt{n}$  раз точнее отдельного измерения в полуприеме:

$$S_{\beta} = S/\sqrt{2} = 0,28' / \sqrt{2} = 0,20'.$$

Отметим, что величина угла не влияет на точность его измерения, поэтому аналогично оценивают точность измерения различных по значению углов.

Следует также иметь в виду, что при определении средней квадратической погрешности по разностям двойных угловых измерений оценивают точность только собственно измерения угла, поскольку на разность  $d_i$  не влияют погрешности центрирования теодолита, установки визирных целей и т. д.

**Оценка точности линейных измерений.** При двойных измерениях линейных размеров одинаковой длины для определения точности измерений можно пользоваться приведенными выше формулами, поскольку в этом случае измерения будут равноточными.

Иначе обстоит дело при размерах различной длины, поскольку погрешности измерения зависят от длины измеряемого параметра. При двойных измерениях линейных параметров неодинаковой длины  $D_i$ , когда в разностях  $d_i$  нет систематической погрешности, оценку точности выполняют путем вычисления коэффициента случайного влияния  $\mu$ , представляющего собой среднюю квадратическую погрешность единицы длины (1 м):

$$\mu = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{d^2}{D}} / (2n). \quad (IV.11)$$

Контрольное равенство имеет вид:

$$\mu = \sqrt{\sum_{i=1}^n d^2 / (2\sum D)}, \quad (IV.11')$$

где  $D$  — измеряемый размер в метрах.

Проследим порядок оценки точности линейных измерений рулеткой по шести разностям двойных измерений, приведенных в табл. IV.6.

Определим по формуле (IV.11) коэффициент случайного влияния  $\mu$  линейных измерений:

$$\mu = \sqrt{\sum \frac{d^2}{D}} / (2n) = \sqrt{1,23/12} = 0,32 \text{ мм} = 0,00032 \text{ м}.$$

#### IV.6. Обработка результатов двойного измерения размеров

№ линии	Результаты измерения		$d_i$ , мм	$d^2$	$d^2/D$
	$D'$ , м	$D''$ , м			
1	23,418	23,420	-2	4	0,17
2	42,007	42,010	-3	9	0,21
3	21,655	21,652	+3	9	0,42
4	18,157	18,155	+2	4	0,22
5	27,61	27,608	+2	4	0,15
6	15,888	15,889	-1	1	0,06
$\Sigma$	149	$\Sigma$	+1	31	1,23

Контроль вычислений произведем по формуле (IV.11')

$$\mu = \sqrt{\Sigma d^2 / (2\Sigma D)} = \sqrt{31 / 298} = 0,32 \text{ мм} = 0,00032 \text{ м.}$$

При наличии в разностях  $d_i$  систематических погрешностей их определяют  $\theta = \Sigma d_i / \Sigma D_i$ ,  $\theta_i = \theta D_i$  и из разностей исключают  $\delta_i = d_i - \theta_i$ .

Правильность выполненных вычислений проверяют соблюдением контрольного равенства  $\Sigma \delta_i = 0$ .

Коэффициент случайного влияния  $\mu$  в этом случае вычисляют по формуле

$$\mu = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i^2}{D}} / [2(n-1)]. \quad (\text{IV.12})$$

Для перехода к средней квадратической погрешности измерения отдельного параметра пользуются зависимостью

$$S = \mu \sqrt{D}. \quad (\text{IV.13})$$

Оценка точности по разностям двойных измерений, как правило, не дает полного представления о точности выполненных линейных измерений, поскольку влияние некоторых источников погрешностей в разностях двойных измерений значительно ослаблено (например, влияние температуры) или совсем исключается (например, погрешность компарирования рулетки).

Коэффициент  $\mu$  следует использовать для определения допустимого расхождения между двумя измерениями:

$$d_{\text{доп}} = 2\mu \sqrt{2D}. \quad (\text{IV.14})$$

Как видим, вычисления занимают значительную часть времени, затрачиваемого на выполнение измерения, поэ-

тому вычислителям полезно знать выработанные практикой соответствующие рекомендации на этот счет.

**Правила вычислений.** Как и в каждой работе, при вычислениях главным является экономия времени, повышение производительности труда. Поэтому вычислитель обязан научиться выбирать и применять только такие средства и способы вычислений, которые потребуют наименьшей затраты сил, времени и средств при условии выполнения заданной точности.

Чтобы хорошо обрабатывать результаты измерений, необходимо практический навык. Кроме того, специалист при вычислениях должен видеть за цифрами существо выполняемой работы и различать числа по степени их точности.

Лучшим специалистом будет не тот, кто выполняет вычисления с наивысшей точностью, а тот, кто сообразует точность вычислений с точностью, необходимой для конкретных практических целей строительного производства, а также с точностью полученных путем измерения исходных для вычисления величин.

При измерениях и вычислениях приходится большей частью иметь дело с приближенными числами, так как точные числа, выражающие истинное, безошибочное значение величины, в природе встречаются редко и обычно имеют математическое происхождение.

Приближенные же числа выражают значения величин не совсем точно, с некоторыми погрешностями, являющимися результатом измерений, вычислений и округлений.

Приближенными величинами можно назвать, например, результаты измерения рулеткой расстояния между разбивочными осями (см. IV.4), так как все они получены путем измерения и округления до трех десятичных знаков, т. е. до 1 мм. Отметим, что вычисленное среднее арифметическое значение  $x_m = 24,003$  м является числом приближенным, так как получено по результатам измерения, которые округлены до 1 мм.

Для правильного действия с результатами измерения, характеризующимися числами, различают: десятичные знаки, значащие цифры и верные цифры.

Десятичными знаками называют все цифры после запятой.

Значащими цифрами называют все цифры кроме нулей слева и справа, если последние при округлении поставлены вместо других цифр. Например, численное



выражение вычисленного нами ( $x_m = 24,003$  м) расстояния между разбивочными осями имеет три десятичных знака и пять значащих цифр. Число 0,0015 имеет четыре десятичных знака и две значащие цифры. Если говорят, что в поселке 1500 жителей, то в этом числе две значащие цифры, так как нули поставлены вместо других цифр.

**В е р н ы м и** называются цифры числа, заслуживающие доверия, т. е. все цифры приближенного числа, средняя квадратическая погрешность которого не превышает одной единицы последнего разряда числа.

Так, в рассмотренном выше примере  $x_m = 24,003$  м, а  $Sx_m = 1,5$  мм. Следовательно число  $x_m$  имеет четыре верные цифры и одну (последнюю) сомнительную, так как погрешность в последнем разряде числа больше единицы, но меньше десяти.

При вычислениях следует удерживать такое количество значащих цифр и десятичных знаков, которое обеспечивает нужную точность результатов измерения и не загружает вычисления неверными или ненужными цифрами. Поэтому при вычислениях с приближенными числами необходимо избавляться от заведомо неверных цифр этих чисел, так как они только загромождают вычисления и отнимают время, не улучшая точности результатов. Однако при сокращении количества знаков следует быть весьма осторожным, чтобы сберечь точность, достигнутую при трудоемких измерениях в условиях монтажной площадки.

**Сложение и вычитание приближенных чисел.** При сложении и вычитании приближенных чисел **т о ч н о с т ь с у м м ы** или **р а з н о с т и** определяют заслуживающие доверия десятичные знаки этих чисел (или знаки разрядов целых чисел). Найдем, например, сумму трех приближенных чисел:

$$a_1 = 24,005; a_2 = 0,25; a_3 = 210,2.$$

Сложим эти числа, поставив вместо неизвестных (неверных) цифр вопросительные знаки.

$$\begin{array}{r} + 24,005 \\ \quad 0,25? \\ + 210,2?? \\ \hline 234,455 \\ \quad ?? \end{array}$$

Мы видим, что, во-первых, в полученной сумме два десятичных знака не заслуживают доверия, так как являются



в результате следует сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет основание степени.

Пример.  $P = 9,82^3 = 96,4$  (полное вычисление степени дало бы  $P = 96,4324$ , в котором три последние цифры — неверные).

### Вопросы для повторения

1. Дайте определение метрологии.
2. Что понимают под единством измерений и единообразием средств измерений?
3. Назначение измерений при монтаже стальных и железобетонных конструкций.
4. Назовите основные задачи метрологического обеспечения строительного-монтажного производства.
5. Дайте определение измерениям.
6. Назовите основные единицы физических величин, применяемых в строительстве.
7. Что принято за единицу длины и как она воспроизводится?
8. Что принято за единицу плоского угла?
9. Назовите основные пять факторов, которые характеризуют условия измерений.
10. Приведите примеры методов измерения: прямого и косвенного; их сущность и особенности.
11. Какие измерения называются необходимыми и какие — дополнительными? Для какой цели выполняются дополнительные измерения?
12. Дайте классификацию технических средств, используемых для различных измерений на монтажной площадке.
13. Назовите основные метрологические показатели технических средств измерений, применяемых при монтаже стальных и железобетонных конструкций.
14. Что понимают под ценой и интервалом деления шкалы?
15. Что называется допускаемой погрешностью измерительного средства?
16. Что понимают под пределами измерений техническими средствами и для чего этот метрологический показатель вводится?
17. Сущность метода сравнения с мерой.
18. Назовите пути обеспечения единства и достоверности измерений.
19. Что понимают под проверкой средств измерений?
20. В чем заключается метрологический надзор?
21. Классификация погрешностей измерения по источнику происхождения и по характеру действия.
22. Назовите причины возникновения грубых погрешностей измерения и пути их обнаружения.
23. Назовите особенности систематических и случайных погрешностей измерения.
24. Какими свойствами обладают случайные погрешности?
25. Практические задачи, решаемые с использованием теории погрешностей.
26. Способы повышения точности измерений и результата многократных измерений.

27. Почему среднее арифметическое значение ряда повторных измерений является наиболее надежным значением измеряемой величины и по какой формуле его вычисляют?

28. Назовите численные характеристики точности результатов измерения и по каким формулам их вычисляют?

29. Во сколько раз средняя квадратическая погрешность среднего арифметического меньше средней квадратической погрешности одного измерения, имея в виду равноточные измерения?

30. По каким формулам производится оценка точности через разности двойных равноточных измерений?

31. Какие числа называют точными, приближенными? Приведите примеры.

32. Дайте определение десятичных знаков, значащих и верных цифр.

33. Сколько десятичных знаков следует сохранить в алгебраической сумме приближенных чисел, данных с различным числом десятичных знаков? Что нужно сделать с приближенными числами, прежде чем складывать их?

34. Сколько значащих цифр следует сохранить в результате при умножении, делении и возведении в степень приближенных чисел?

## **ГЛАВА V. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ МОНТАЖЕ КОНСТРУКЦИЙ**

### **25. Линейные измерения**

Все разбивочные или съёмочные работы, выполняемые на монтажной площадке (разбивка осей зданий и сооружений, детальные разбивки, сопровождающие процесс монтажа конструкций, или геодезическая съёмка положения смонтированных конструкций), складываются из совокупности измерительных операций, сводящихся в итоге к измерению (построению) длины линии, отдельного угла, превышения и других геометрических элементов.

Оси зданий или сооружений выносят в натуру в основном путем непосредственных измерений с использованием стальных рулеток.

Процесс измерения заключается в последовательном откладывании рулетки между начальной и конечной точками измеряемой линии.

Для линейных измерений рекомендуются компарированные рулетки типа РК-50 или РВ-30 с отклонениями от нормальной длины не более 3 мм. При точных измерениях выполняют две, а иногда и три пары отсчетов при двух сдвигах и учитывают разность температур компарирования и измерения. Натяжение полотна рулетки проверяют динамомет-

ром, а уложение в створ — вешением по теодолиту. Указанные условия измерений линий следует выполнять при разбивке осей способом створов и перпендикуляров, а также при других геометрических построениях.

Измерения с относительной погрешностью менее  $1/10000$  выполняют обычно компарированными рулетками РК-50 и РВ-30 по забитым в землю деревянным кольям или расставленным штативам, а когда линия проходит по бетону, асфальту или другому твердому и ровному покрытию, то по забитым в него гвоздям и дюбелям или другим способом зафиксированным точкам, которые устанавливают в створ по теодолиту. На штативах устанавливают подставки со специальными марками или же ограничиваются одними штативами, прочертив на их головках створную линию. На кольях карандашом, а на дюбелях зубилом делают крестообразные засечки, между которыми измеряют отрезки линии. Если же из-за различных препятствий выполнение измерений в створе между крайними точками линии затруднено, то допускается определять величины нестворности промежуточных точек, по которым вычисляют соответствующие поправки, учитываемые при определении общей длины линии.

Измерение расстояний с повышенной точностью выполняют рулетками второго, а иногда и первого класса, с постоянным натяжением, для чего используют динамометр. При этом учитывают поправки на компарирование, наклон, температуру и провес рулетки.

**Отложение проектных расстояний рулеткой.** Построение на монтажных горизонтах линий заданной длины осуществляют в основном стальными рулетками с миллиметровыми делениями путем непосредственных линейных измерений от опорной точки в заданном направлении.

Для перенесения прямой линии с проекта в натуру, называемого иногда построением (отложением) проектных расстояний, необходимо знать длину линии и ее направление, а также положение в натуре ее начала и требуемую точность измерений.

Все длины линий в проектной документации указаны горизонтальными. Поэтому при наклонной поверхности, на которой откладывают проектное расстояние, рулеткой необходимо откладывать расстояние, увеличенное по сравнению с проектным на поправку, учитывающую наклон рулетки. Кроме того, приходится учитывать и другие поправки, рассматриваемые ниже. При этом поправки вводят не-



Рис. V.1. Линейные измерения

*a* — отложение проектных расстояний рулеткой; *б* — ориентирование полотна рулетки в створе линии; *в* — учет наклона местности

посредственно в процессе отложения длины линии, что усложняет процесс измерений. Поэтому часто применяют такой прием: предварительно откладывают заданное расстояние приблизительно, не вводя поправок на компарирование, на разность температур и т. п., и отмечают, например, точку  $B'$  (рис. V.1). Затем его тщательно измеряют с введением всех поправок и, сравнив с проектным значением  $l_0$ , находят домер  $\Delta l = l_0 - l$ , который откладывают с соответствующим знаком от конечной точки  $B'$  отрезка. Полученную таким образом длину линии  $AB$  обязательно контролируют новым измерением.

Для правильной организации линейных измерений с требуемой проектом точностью необходим анализ действующих погрешностей, а также определение их характера и степени влияния на результаты измерений. Знание этих вопросов в значительной мере определяет качество и надежность конечных результатов.

На точность отложения проектных расстояний рулеткой влияют погрешности, возникающие в результате следующих причин: компарирования рулетки  $\delta_1$ , укладки ее в створе линии  $\delta_2$ , провеса и прогиба рулетки  $\delta_3$ , изгиба ее в плане  $\delta_4$ , определения разности высот концов рулетки  $\delta_5$ , учета разности температур ее при компарировании и измерении  $\delta_6$ , неодинакового натяжения рулетки  $\delta_7$ , трения ее о поверхность  $\delta_8$ , собственно измерения  $\delta_9$ .

Влияние первых четырех причин перечисленных погрешностей в основном систематическое, а остальных — случайное. При этом систематические погрешности от второго, третьего и четвертого источника всегда имеют одну направленность. Погрешность компарирования рулетки, хотя и носит случайный характер по знаку и величине при ее опре-

делении, но оказывает систематическое влияние при измерении и отложении расстояний. С учетом изложенного и исходя из принципа равного влияния можно показать, что для обеспечения общей средней квадратической погрешности  $\sigma$  линейных измерений доля влияния каждого из девяти перечисленных источников погрешностей не должна превышать  $1/4\sigma$  или

$$\sigma_i \leq 1/4\sigma. \quad (V.1)$$

Измерение линии в натуре или отложение заданного проектом расстояния можно рассматривать как отдельные откладывания рулетки длиной  $l$  в заданном направлении. При этом следует отметить существенную разницу влияния систематических и случайных погрешностей измерения на конечный результат. Так, влияние систематических погрешностей возрастает пропорционально числу уложений рулетки  $n$ , т. е.  $\Delta l_{\text{сист}} n$ . Влияние же случайных погрешностей на результаты измерений возрастает пропорционально корню квадратному из числа уложений рулетки, т. е.  $\Delta l_{\text{сл}} \sqrt{n}$ .

**Пример.** Определить допустимое влияние каждого источника погрешностей для одного уложения рулетки РВ-30 при перенесении в натуру линии длиной 120 м с относительной погрешностью  $1/T = 1/10000$ .

**Решение.** С учетом зависимости (V.1) влияние отдельного источника систематических погрешностей на всю длину линии можно определить по формуле

$$\Delta l_{\text{сист}} n / (ln) = 1 / (4T).$$

Для отдельного укладывания рулетки относительное влияние составит

$$\Delta l_{\text{сист}} / l = 1 / (4T). \quad (V.2)$$

Тогда для рассматриваемого примера систематическое влияние источника погрешностей на каждую укладку рулетки  $\Delta l_{\text{сист}}$  в числовом выражении не должно превышать:

$$\Delta l_{\text{сист}} = l / (4T) = 30000 / (4 \cdot 10000) = 0,8 \text{ мм}.$$

Случайное влияние отдельного источника погрешностей на всю длину линии можно определить из следующей зависимости:

$$\Delta l_{\text{сл}} \sqrt{n} / (ln) = 1 / (4T).$$

Тогда для отдельного укладывания рулетки это влияние выразится зависимостью

$$\Delta l_{\text{сл}} / l = [1 / (4T)] \sqrt{n}. \quad (V.3)$$

Поскольку перенесение 120-метровой линии в натуру выполняется четырьмя уложениями рулетки ( $n = 4$ ), величина случайного

влияния отдельного источника погрешностей на каждую укладку рулетки  $\Delta l_{сл}$  не должна превышать:

$$\Delta l_{сл} = [l/(4T)] \sqrt{n} = [30000 \text{ мм}/(4 \cdot 10000)] \sqrt{4} = 1,5 \text{ мм}.$$

Из приведенного расчета видно, что при отложении линий значительной протяженности влияние источников случайных погрешностей может быть допущено в несколько раз больше, чем систематических.

**Компарирование рулетки.** При возведении зданий и сооружений в процессе измерений необходимо пользоваться только компарированными рулетками, так как погрешности изготовления рулеток по длине, как показывает опыт, весьма значительны. Поэтому все используемые для измерений на монтажной площадке рулетки необходимо хотя бы один раз в месяц сверять со специальной контрольной рулеткой, длина которой определена на стационарном компараторе, или проверять их на стационарном или полевом компараторе. Поправка на компарирование  $\Delta l_{комп}$  рулетки на всю ее длину равна

$$\Delta l_{комп} = l_{факт} - l_{ном},$$

где  $l_{факт}$ ,  $l_{ном}$  — соответственно фактическая и номинальная длина рулетки.

**Пример.** При сравнении рабочей рулетки РВ-30 с контрольной ( $l_{контр} = 30,001$  м) ее фактическая длина оказалась равной  $l_{факт} = 30,005$  м. Следовательно, поправка на компарирование рабочей рулетки равна:

$$\Delta l_{комп} = 30,005 - 30,001 = +0,004 \text{ м}.$$

Компарирование рулеток следует выполнять в условиях, приближающихся к производственным, соблюдая такое же натяжение полотна рулетки, как и при измерениях. Если предусматривается использование рулетки для непосредственного определения ширины колеи крана, то, по возможности, желательно прокомпарировать рулетку и со свободным повесом ее полотна.

В тресте и монтажном управлении для сравнения рабочих рулеток с контрольной рекомендуется устраивать упрощенный съемный компаратор в виде настила длиной немногим более 20 м из остроганных и подогнанных в торцах досок. Доски рекомендуется укладывать на деревянных или металлических кронштейнах, прикрепленных через 3 м к капитальной стене или специально поставленным столбам. На расстоянии 50 см от начала первой доски врезают два ролика или блока для сличения рулеток со свободно подвешенными к ним грузами.



С помощью лупы сличают всю длину компарируемой рулетки и отдельные ее отрезки (метры) с контрольной, а полученные результаты компарирования относят к температуре компарирования контрольной рулетки. Погрешность компарирования  $\delta_1$  носит случайный характер. Однако и при учете поправки на компарирование рулетки  $\Delta l_{\text{ком}}$ , вводимой в номинальную длину рулетки, в результатах измерения  $d_i$  линий остаются систематические погрешности, которые равны  $\Delta d_i = (\delta_1/l) d_i$ , где  $\delta_1$  — погрешность компарирования рулетки;  $l$  — длина рулетки.

Из изложенного вытекает другая практическая задача: с какой точностью необходимо знать фактическую длину (компарировать) рулетки?

Как уже указывалось, для обеспечения заданной точности линейных измерений необходимо, чтобы влияние каждого отдельного источника погрешностей в относительной мере не превышало  $1/(4T)$ .

Учитывая систематический характер влияния погрешности компарирования рулетки на результаты измерений линий, действительную (фактическую) длину рулетки необходимо знать с погрешностью, определяемой с учетом зависимости (V.2.)

Так, при измерении линий с относительной средней квадратической погрешностью  $1 : 10000$  длину рулетки РВ-30 необходимо знать со средней квадратической погрешностью  $\sigma$ , не превышающей

$$\sigma \leq l/(4T) = 30000 \text{ мм}/(4 \cdot 10000) = 0,8 \text{ мм}.$$

Следовательно, предельная погрешность  $\delta x_{\text{комп}}$  определения длины рулетки не должна превышать  $\delta x_{\text{комп}} = 3\sigma_1 = 2,4 \text{ мм}$ .

Произведенный расчет позволяет сделать вывод о том, что если фактическая длина 30-метровой рулетки отличается от своего номинального значения более чем на 2,4 мм, то в результаты измерений необходимо вводить поправки на компарирование рулетки.

Укладка полотна рулетки в створ измеряемой линии. Отклонения концов рулетки от створа линии (см. рис. V.1, б) случайны по величине. Они имеют одностороннюю систематическую направленность влияния на результаты измерения или отложения линий. Количественно это влияние выражается зависимостью

$$\Delta l_{\text{створ}} = 2a^2/l,$$

где  $a$  — уклонение концов рулетки от створа линии.

При этом следует иметь в виду, что результат измерения линии будет больше ее длины, а при откладывании фактическая длина линии будет меньше ее проектного значения.

Величину допустимого отклонения  $a_{\text{доп}}$ , зависящего от длины  $l$  рулетки или значения измеряемого отрезка (при малой его длине), можно с учетом зависимости (V.2) и заданной точности измерения определить по формуле

$$a_{\text{доп}} = l \sqrt{1/(8T_{\text{пр}})},$$

где  $l/T_{\text{пр}}$  — относительная предельная погрешность измерения.

Отсюда следует, что чем короче измеряемое расстояние или меньше длина откладываемой линии, тем точнее надо укладывать полотно рулетки в створе линии.

**Пример.** Требуется отложить рулеткой линию длиной 6 м. с относительной средней квадратической погрешностью  $1/10000$ . В этом случае исходными величинами для расчета будут:  $l = 6$  м и  $1/T_{\text{пр}} = 1/3300$ . Тогда величина отклонения полотна рулетки от створа на концах измеряемого отрезка не должна превышать

$$a_{\text{доп}} = l \sqrt{1/(8T_{\text{пр}})} = 600 \text{ см} \sqrt{1/26400} = 3,6 \text{ см}.$$

Из приведенного расчета видно и практика измерений при монтаже конструкций показывает, что для обеспечения точности линейных измерений в условиях монтажной площадки уложение полотна рулетки в створ следует осуществлять вешением по теодолиту.

**Прогиб и изгиб рулетки в плане.** Влияние этого источника погрешностей одностороннее — при измерении линии результат получается больше ее фактической длины, а при откладывании — длина линии меньше проектной величины.

Допустимую величину прогиба  $f_{\text{доп}}$  можно определить по условной формуле, выведенной для выпуклой неровности, расположенной на расстоянии  $1/5$  от конца рулетки:

$$f_{\text{доп}} = l/(4 \sqrt{T_{\text{пр}}}).$$

Таким образом, при измерении линий с относительной предельной погрешностью  $1/5000$  рулеткой РВ-30 необходимо следить, чтобы фактическая величина прогиба или изгиба полотна рулетки не превышала

$$f < l/(4 \sqrt{T_{\text{пр}}}) = 3000 \text{ см}/(4 \sqrt{5000}) = 10 \text{ см}.$$

Из приведенного примера следует, что при точных линейных измерениях поверхность по створу линии должна быть выровнена.

**Наклон местности.** Влияние этого источника погрешности при измерениях двоякое: случайное, когда наклон линии учитывается, и систематическое, когда наклон линии не учитывается. Следует отметить, что при учете наклона полотна рулетки действуют только погрешности определения превышения концов мерного прибора или угла наклона линии (см. рис. V.1, в).

Поправку  $\Delta l_h$  в измеряемую линию на длину рулетки в зависимости от разности высот ее концов  $h$  определяют по приближенной формуле  $\Delta l_h = h^2 / (2 l)$ .

При больших  $h$ , когда  $h/l > 1/10$ , поправку определяют по более точной формуле  $\Delta l_h = h^2 / (2 l) + h^4 / (8 l^3)$ . Значения поправок  $\Delta l_h$  приведены в табл. V.1.

Погрешность  $\Delta h$  определения превышения концов рулетки случайна и ее величина с учетом зависимости (V.3) и заданной точности измерения не должна превышать  $\Delta h \leq \leq l^2 \sqrt{n} / (4 T_{\text{пр}} h)$ . Отсюда следует, что с увеличением превышения  $h$  концов мерного прибора необходимо повышать точность определения этого превышения.

**Пример** расчета допустимой погрешности  $\Delta h$  определения превышений концов рулетки. Исходные данные:  $h = 0,6$  м,  $l = 6$  м и  $1/T_{\text{пр}} = 1/3300$ .

Понятно, что измерение в этом случае производят одним уложением ( $n = 1$ ) полотна рулетки в створе линии. Тогда погрешность  $\Delta h$  определения превышения  $h$  не должна превышать

$$\Delta h = l^2 \sqrt{n} / (4 T_{\text{пр}} h) = 36 / (4 \cdot 3300 \cdot 0,6) \approx 0,005 \text{ м.}$$

Такую точность определения превышения можно обеспечить только посредством геометрического нивелирования.

При малых углах наклона  $\alpha$  и, соответственно, малых превышениях  $h$  концов рулетки влияние наклона местности часто не учитывают, что ведет к систематической погрешности измерения линий. Допустимую величину превышения  $h_{\text{доп}}$  и угла наклона  $\alpha_{\text{доп}}$ , (в радианах), которые можно не учитывать при измерении линии, определяют по следующим формулам:

$$h_{\text{доп}} = l \sqrt{1/(2T)}; \quad \alpha_{\text{доп}} = \sqrt{1/(2T)}.$$

Эти формулы получены с учетом зависимости (V.3), устанавливающей предел влияния отдельных систематических погрешностей.

**Пример.** Требуется определить для 30- и 20-метровых рулеток предельные величины превышений  $h_{\text{доп}}$  из концов, которые можно не учитывать при измерениях (отложениях) длин линий с относи-

V.1. Поправки за превышение между концами рулетки, мм

h, см	l, м																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	18	20	24	30	40	50		
5	1,3	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6	1,8	0,9	0,6	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	
7	2,4	1,2	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	
8	3,0	1,6	1,0	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
9	4,0	2,0	1,3	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	
10	5,0	2,5	1,7	1,3	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	
11	6,0	3,0	2,0	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	
12	7,2	3,6	2,4	1,8	1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	
13	8,4	4,2	2,8	2,1	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	
14	9,8	5,0	3,3	2,5	2,0	1,6	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	
15	11,2	5,6	3,7	2,8	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	0,9	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	
16	12,8	6,4	4,2	3,2	2,5	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	
17	14,4	7,2	4,8	3,6	2,8	2,4	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	
18	16,2	8,1	5,4	4,0	3,2	2,7	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	
19	18,0	9,0	6,0	5,4	3,6	3,0	2,6	2,2	2,0	1,8	1,6	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	
20	20,0	10,0	6,6	5,0	4,0	3,3	2,8	2,5	2,2	2,0	1,8	1,1	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	
30	45,0	22,5	15,0	11,2	9,0	7,5	6,4	5,6	5,0	4,5	3,7	2,5	2,2	1,8	1,5	1,1	0,9	0,7	
40	80,0	40,0	26,6	20,0	16,0	13,3	11,4	10,0	8,8	8,0	6,6	4,4	4,0	3,3	2,7	2,0	1,6	1,2	
50	125,0	62,5	41,6	31,2	25,0	20,8	17,8	15,6	13,9	12,5	10,4	6,9	6,2	5,2	4,1	3,1	2,5	1,8	
60	180,0	90,0	60,0	45,0	36,0	30,8	25,7	22,5	20,0	18,0	15,0	10,0	9,0	7,5	6,0	4,5	3,6	2,6	
70	245,0	122,5	81,6	61,3	49,0	40,8	35,0	30,6	27,2	24,5	20,4	13,6	12,2	10,2	7,1	5,1	4,9	3,4	
80	320,0	160,0	106,6	80,0	64,0	53,3	45,7	40,0	35,6	32,0	26,7	17,8	16,0	13,3	10,6	8,0	6,4	4,6	
90	405,0	202,0	135,0	101,3	81,0	67,5	57,9	50,6	45,0	40,5	33,8	22,5	20,2	16,9	13,6	10,1	8,1	5,8	
100	500,0	250,0	166,6	125,0	100,0	83,3	71,4	62,5	55,6	50,5	41,7	27,8	25,0	20,8	16,6	12,5	10,0	7,4	

V.2. Поправки за разность температур рулетки при измерении и компарировании ( $\Delta L_t$ ), мм

$t, \text{ м}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	18	20	24	30	40	50
$t-t_0$																	
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	1,0	1,1
4	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
5	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,2	1,3	1,4
6	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,3	1,4	1,5
7	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,5	1,6	1,7
8	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
9	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
10	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
11	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
12	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
13	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
14	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
15	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
16	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
17	0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
18	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
19	0,2	0,5	0,7	0,9	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6
20	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8
21	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,2	2,5	2,7	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
30	0,4	0,7	1,1	1,5	1,9	2,2	2,6	3,0	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,2	5,6	6,0	6,4
40	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5
50	0,6	1,2	1,9	2,5	3,1	3,7	4,4	5,0	5,6	6,2	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,0	10,6

тельной предельной погрешностью не более 1/3300. Применяя последнюю зависимость, находим:

$$\text{для } l = 30 \text{ м } h_{\text{доп}} = 3000 \sqrt{1/(2 \cdot 3300)} = 37 \text{ см};$$

$$\text{для } l = 20 \text{ м } h_{\text{доп}} = 2000 \sqrt{1/(2 \cdot 3300)} = 25 \text{ см}.$$

Если превышения концов рулеток при измерениях превосходят рассчитанные величины, то, определив их с помощью нивелира, вводят в результат измерения поправку  $\Delta l_h$ , которую выбирают из табл. V.1 или подсчитывают по соответствующей формуле.

Разность температур рулетки. Температура рулетки при измерении линии, как правило, отличается от температуры ее компарирования, что вызывает изменение длины рулетки между ее нулевыми делениями на величину

$$\Delta l_t = \alpha l (t - t_0),$$

где  $l$  — номинальная длина рулетки;  $\alpha$  — коэффициент линейного расширения (для стали  $\alpha = 0,0000125$ );  $t, t_0$  — температура рулетки соответственно при измерении и компарировании.

В табл. V.2 приведены значения поправок  $\Delta l_t$  для различных длин линий в зависимости от разности температур  $(t - t_0)$  рулетки при измерении и ее компарировании.

Для обеспечения измерений с заданной проектом точностью погрешность определения разности температур  $\Delta t = t - t_0$  не должна превышать  $\Delta t \leq 20000 \sqrt{n/T_{\text{пр}}}$ .

Погрешность определения разности температур  $\Delta t$  носит случайный характер, поэтому последняя зависимость получена с учетом формулы (V.3).

**Пример.** Вычислить поправку  $\Delta l_t$  на разность температур при измерении длины пролета  $l = 36$  м, если температура компарирования рулетки  $t_0 = +20^\circ \text{C}$ , а средняя температура рулетки при измерении пролета  $t = -20^\circ \text{C}$ .

$$\Delta l_t = \alpha l (t - t_0) = 0,0000125 \cdot 36 (-20^\circ - 20^\circ) = -0,018 \text{ м}.$$

Практически удобнее пользоваться поправками, приведенными в табл. V.2. Для этого по значению  $\Delta t$ , равному  $-40^\circ \text{C}$ , из таблицы выбирают поправку для расстояния  $l = 18$  м и умножают ее на два; или выбирают поправку на 30 м и прибавляют к ней поправку для 6 м.

$l, \text{ м}$	$\Delta l_t, \text{ мм}$	$l, \text{ м}$	$\Delta l_t, \text{ мм}$
18	9	30	15
18	9	6	3
36	18	36	18

Как видим, поправка  $\Delta l_t$  только от этого одного источника погрешностей весьма значительна по величине и составляет 1/2000 расстояния между двумя соседними рядами колонн, тогда как суммарное влияние всех источников погрешностей не должно превышать 1/10000. Для нашего примера при измерении рулеткой РК-50 с относительной предельной погрешностью 1/4000, погрешность определения разности температур  $t - t_0 = \Delta t$  не должна превышать  $\Delta t < 20000 \sqrt{n} / T_{пр} = 20000 / 4000 = 5^\circ \text{C}$ .

Таким образом, поправку на разность температур рулетки необходимо учитывать, когда температура рулетки при измерении отличается от температуры ее компарирования более чем на  $5^\circ \text{C}$ .

Неодинаковое натяжение рулетки  $\Delta N$  при компарировании и измерении линии вызывает погрешность  $\Delta l_{нат}$  линейных измерений

$$\Delta l_{нат} = \Delta N l / AE,$$

где  $A$  — площадь поперечного сечения рулетки,  $A = 2 \text{ мм}^2$ ;  $E$  — модуль упругости стали ( $E = 20000 \text{ кг/мм}^2$ ).

Замечено также, что натяжение рулетки с усилием более 50 Н (5 кг) приводит к остаточным возрастающим деформациям полотна рулетки. Поэтому рекомендуется рулетки при компарировании и при измерении натягивать с одинаковым усилием 50 Н (5 кг).

Допустимую величину отступления от нормального натяжения  $\Delta N_{доп}$  с учетом формулы (V.3) можно определить из зависимости

$$\Delta N_{доп} = AE \sqrt{n} / (4T_{пр}) = 10000 \sqrt{n} / T_{пр}.$$

Для отдельного отложения проектной длины линии рулеткой эта величина составит

$$\Delta N_{доп} = 10000 \sqrt{n} / T_{пр} = 10000 / 3300 = 3 \text{ кг}.$$

Следовательно, для обеспечения точных линейных измерений контроль натяжения рулетки желательно осуществлять с помощью динамометра.

Собственно измерение. Эта погрешность носит случайный характер и в основном зависит от точности совмещения нулевого штриха и начальной точки, а также точности и отсчета по концу рулетки или его фиксации.

Погрешность округления отсчета  $\sigma_0$  по мерному прибору вычисляют по формуле  $\sigma_0 = a/3$ , где  $a$  — предельная погрешность округления, равная половине деления шкалы.

При измерении обычно нулевой штрих рулетки прикладывают (совмещают) к начальной точке линии, а по второму концу рулетки берут отсчет или фиксируют его на местности.

При равенстве обеих погрешностей получим:

$$\sigma = \sigma_0 \sqrt{2} = a \sqrt{2} / \sqrt{3}.$$

С учетом этого и зависимости (V.3) предельная погрешность округления отсчета при измерениях не должна превышать  $a \leq l \sqrt{n} / (3 T)$ .

Следовательно, для обеспечения заданной точности измерений рулетку выбирают так, чтобы цена деления ( $2a$ ) ее шкалы удовлетворяла условию  $2 a \leq l \sqrt{n} / (1,5 T)$ .

**Пример.** Требуется проконтролировать расстояние между осями установленных колонн в ряду. Исходные данные: шаг колонн  $l = 12$  м, относительная предельная погрешность измерения  $1/3300$ . Тогда согласно последней зависимости цена деления рулетки не должна быть более

$$2a < l \sqrt{n} / (1,5 T) = 1200 \text{ см} / (1,5 \cdot 3300) \approx 2,4 \text{ мм}.$$

Отсюда следует, что для обеспечения проектной точности измерений на монтажной площадке целесообразно применять рулетки с миллиметровыми делениями, особенно когда линии короткие.

При выполнении измерений следует иметь в виду, что точность фиксирования откладываемой линии, зависящая от способов закрепления точек в натуре, характеризуется следующими значениями средних квадратических погрешностей  $\sigma_{\text{ф}}$ , мм:

- прочеркивание керном по металлической пластине — 0,3;
- насечка или кернение на металлической пластине — 0,5;
- прочеркивание карандашом по гладкой поверхности бетона — 0,5;
- то же, по грубой поверхности бетона — 0,8;
- то же, по гладкой поверхности бетона с последующей окраской — 1,0;
- то же, по грубой поверхности бетона с последующей окраской — 1,2;
- закрепление шпилькой на поверхности земли — 0,7;
- закрепление металлическим штырем, вбиваемым в грунт — 1,5;
- закрепление деревянным колышком, вбиваемым в грунт — 2,0.

Для фиксации концов рулетки на металлических, железобетонных и других твердых поверхностях (с шероховатостью менее 1,5 мм в створе фиксации) можно использовать карандаш или керн, в других случаях — тонкую шпильку.

Введение поправок в результаты линейных измерений. С изменением температуры изменяется длина рулетки, которая во время измерений при температуре  $t$  характеризуется равенством, получившим название уравнения мерного прибора:



$$l = l_0 + \Delta l_{\kappa} + \alpha l_0 (t - t_0),$$

где  $l_0$  — номинальная длина рулетки.

Такое уравнение определяют для каждой рулетки в процессе ее компарирования.

При измерении линий и при отложении проектных расстояний особое внимание следует уделять введению поправок  $\Delta l_{\kappa}$ ,  $\Delta l_t$  и  $\Delta l_h$ , которые учитываются с противоположными знаками (табл. V.3).

### V.3. Введение поправок $\Delta l_{\kappa}$ , $\Delta l_t$ и $\Delta l_h$

Поправка	При измерении линий	При отложении проектных расстояний
На компарирование	$\pm \Delta l_{\kappa}$	$\mp \Delta l_{\kappa}$
На температуру	$+\alpha l (t - t_0)$	$-\alpha l (t - t_0)$
На наклон местности	$-h^2/(2l)$	$+h^2/(2l)$

Известно, что при измерении линий поправка на наклон поверхности  $\Delta l_h$  всегда вычитается из полученного результата, о чем свидетельствует знак минус в табл. V.3. Но при отложении проектных расстояний эту поправку вводят со знаком плюс, т. е. прибавляют.

Практически рекомендуется вычислять суммарную поправку  $\Delta l = \Delta l_{\kappa} - \Delta l_h + \Delta l_t$ , которую при измерении линий необходимо вводить (рис. V.2, а) в зависимости от ее знака; вперед по ходу измерения линии при  $+\Delta l$  и назад от конечного штриха зафиксированной точки при  $-\Delta l$ .

При отложении же проектных расстояний положительная суммарная поправка ( $+\Delta l$ ) вводится назад от конечного штриха рулетки, а отрицательная ( $-\Delta l$ ) — вперед (см. рис. V.2, б).

Как видим, обеспечение заданной проектом точности и необходимость совершенствования линейных измерений требует продуманной организации геодезических действий на строительной площадке.

При этом необходимо строго соблюдать условия измерений (табл. V.4), установленные СНиП для различных классов точности и проверенные многолетней практикой разбивочных работ и контрольных измерений.

Кроме приведенных условий обеспечения требуемой точности и получения достоверных результатов линейных

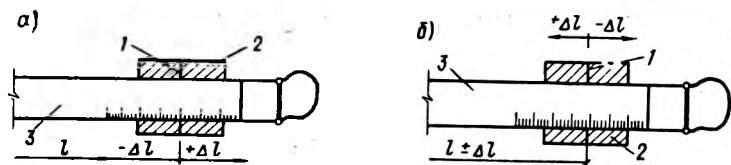


Рис. V.2. Введение суммарной поправки (за превышение, компарирование и температуру)

а — при измерении линии; б — при отложении заданной длины линии: 1 — карандашная черта; 2 — деревянный колышек; 3 — полотно рулетки

измерений, по возможности, стремятся разбивки и контрольные измерения выполнять разными рулетками.

**Инструменты для линейных измерений.** Линейные измерения при монтаже зданий и сооружений характеризуются в зависимости от назначения широким диапазоном точностных требований. В зависимости от требуемой точности, условий измерений на монтажной площадке и объемов работ измерения подразделяют на *непосредственные* с использованием линейных рабочих мер (линейки, штангенциркули, рулетки и т. п.) и *косвенные* с использованием, например, короткобазисного метода определения расстояний.

Для некоторых условий измерений при разбивочных работах на монтажной площадке могут оказаться полезными длинномеры различной конструкции. При этом длину линии определяют по числу оборотов мерного диска, прокатываемого по натянутой над измеряемой линией проволоке.

Для непосредственного измерения расстояний в настоящее время согласно ГОСТ 7502—80\* предусматривается выпуск измерительных металлических рулеток, которые в зависимости от их конструктивных особенностей делятся на несколько типов:

самосвертывающиеся . . . . .	кнопочные . . . . .	РСК-1, РСК-2
желобчатые . . . . .	. . . . .	РЖ-1, РЖ-2
стальные (простые) . . . . .	. . . . .	РС-2, РС-5, РС-10, РС-20, РС-30, РС-40
на крестовине . . . . .	. . . . .	РК-50, РК-75, РК-100
горные . . . . .	. . . . .	РГ-20, РГ-30, РГ-50
универсальные с грузом . . . . .	. . . . .	РУГ-10, РУГ-20 РУГ-30, РУГ-50
горные желобчатые . . . . .	. . . . .	РГЖ-20, РГЖ-30, РГЖ-40

#### V.4. Условия обеспечения точности линейных измерений стальными компарированными рулетками

Процесс	Относительная средняя квадратическая погрешность измерений	
	1/15000—1/10000	1/5000
Уложение в створ Натяжение прибора Учет разности температур компарирования и измерения Отсчеты по рулетке  Фиксация пунктов Определение превышений концов измеряемой линии Используемые рулетки по ГОСТ 7502—80 или им равноточные	Вешение по теодолиту Использование динамометра То же, термометра  Три пары отсчетов, два сдвига Чертилкой   Две пары отсчетов, один сдвиг Керном Использование нивелира  ОПК2-20 АНТ/1, ОПК2-30 АНТ/1, ОПК2-50 АНТ/1	

Примечание. Пример условного обозначения рулетки ОПК2-30 АНТ/1 в открытом корпусе (О) с плоской измерительной лентой (П) и вытяжным кольцом (К) 2-го класса точности длиной 30 м, с началом шкалы, удаленным от торца измерительной ленты (А), изготовленной из нержавеющей стали (Н), с травленными штрихами (Т), нанесенными через 1 мм. Указанным требованиям отвечают рулетки типа РВ (рулетка на вилке), РК (рулетка на крестовине), РГ (рулетка горная).

Цифра в обозначении типа рулетки указывает номинальную длину ее шкалы в метрах.

Однако в строительном-монтажном производстве широко применяют рулетки (табл. V.5), выпуск которых был освоен раньше.

Рулетки в закрытом корпусе типа РЗ предназначены для измерения длин и расстояний в различных областях народного хозяйства, в том числе для разбивочных работ в строительстве и определения положения установленных железобетонных и стальных конструкций.

Измерительная лента рулетки заключена в закрытый круглый пластмассовый или металлический корпус с ручкой для наматывания. Рулетки выпускают с измерительной лентой длиной 2, 5, 10, 20, 50 м и они соответственно имеют шифр РЗ-2, РЗ-5, РЗ-10, РЗ-20, РЗ-50.

Измерительная лента рулетки на вилке РВ-30 заключена в открытый металлический корпус в виде вилки с рукояткой и ручкой для наматывания.

## V.5. Технические характеристики рулеток

Параметр	PЗ-2	PЗ-5	PЗ-10	PЗ-20	PЗ-50	PВ-30	PK-50
Длина шкалы, м	2	5	10	20	50	30	50
Цена деления шкалы на первом дециметре, мм	1	1	1	1	1	1	1
Цена деления шкалы по всей длине, мм	1	1	1	10	10	10	10
Ширина измерительной ленты, мм	10—12	10—12	10—12	10—12	10—12	10—12	10—12
Толщина измерительной ленты, мм	0,16—0,22	0,16—0,22	0,18—0,22	0,18—0,22	0,18—0,22	0,2—0,26	0,2—0,26
Размеры корпуса, мм	60×18	65×18	75×20	100×20	140×80	175× ×300× ×25	100×30
Масса, кг	0,05	0,1	0,2	0,4	1	0,6	1,2

Измерительная лента рулетки на крестовине PK-50 заключена в открытый металлический корпус в виде крестовины с рукояткой и ручкой для наматывания.

Рулетки изготовляют 1, 2 и 3 классов точности и в зависимости от условий, методики и точности измерений относительная погрешность определения расстояний колеблется от 1 : 1000 до 1 : 15000.

При измерениях линейных параметров длиной до одного метра применяют линейки измерительные металлические, длина которых согласно ГОСТ 427—75 от 0,15 до 1 м.

Для более точных измерений следует применять штангенциркули, которые согласно ГОСТ 166—80 выпускают с различным диапазоном измерений: ЩЦ-II (0—200 мм); ЩЦ-III (0—500; 250—710; 320—1000 мм).

## 26. Угловые измерения

Качественно измерять углы можно только выверенным теодолитом. Среди известных способов измерения горизонтальных углов наибольшее распространение получил способ круговых приемов, который особенно рекомендуется при работе с оптическими теодолитами. Устойчивость штатива над знаком обеспечивается вдавливанием башмаков его ножек, а при рыхлом грунте предварительно рекомендуется забить под них деревянные колья.

Двукратное измерение угла при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП) с отсчетами по горизонтальному кругу называют измерением угла полным приемом. Соответственно однократное измерение угла при одном (любом) положении вертикального круга называют полуприемом.

Установка теодолита в вершине измеряемого угла состоит из центрирования его над точкой, обозначающей вершину угла, и нивелирования прибора, заключающегося в приведении лимба в горизонтальное положение.

Иногда центрируют теодолит с помощью отвеса, нить которого должна совпадать с осью вращения теодолита.

Чаще центрируют теодолиты с помощью оптического центрира — приспособления более совершенного, чем нитяной отвес, и обеспечивающего более высокую точность установки теодолита над вершиной измеряемого угла.

Центрирование теодолита следует выполнять тем точнее, чем короче стороны измеряемого угла и чем ближе этот угол к  $180^\circ$ . Чтобы влияние погрешности центрирования  $e$  теодолита было в два раза меньше погрешности измерения угла  $\delta_\alpha$ , необходимо соблюдать условие

$$e \leq \delta_\alpha L / (2\rho),$$

где  $L$  — длина короткой стороны угла;  $\rho$  — число секунд в радиане.

Последнюю зависимость можно упростить, если  $L$  подставлять в метрах, а линейный элемент центрирования  $e$  получать в миллиметрах:

$$e \leq \frac{\delta_\alpha}{400''} L.$$

Из этого равенства следует, что при  $\delta_\alpha = 10''$  и  $L = 20$  м погрешность центрирования (величины линейного элемента  $e$ ) не должна превышать 0,5 мм. Отметим, что такую точность установки теодолита можно обеспечить только оптическим центриром при особой тщательности работы. Для ускорения и облегчения процесса центрирования прибора оптическим отвесом над пунктом следует придерживаться приводимых ниже рекомендаций:

1. Приблизительно центрируют теодолит над знаком и вращением подъемных винтов добиваются совмещения центра окружностей в поле зрения оптического центрира с изображением центра знака.

2. Вращением алидады располагают цилиндрический уровень поочередно по направлению каждой из трех ножек

штатива и, изменяя их длину, выводят пузырек уровня на середину так, чтобы при вращении алидады на любой угол теодолита он находился примерно в нуль-пункте.

3. Подъемными винтами точно приводят пузырек уровня в нуль-пункт и, перемещая теодолит по головке штатива, совмещают центр окружностей оптического отвеса с изображением центра знака. Если при этом пузырек уровня вновь сместится, то последнюю операцию следует повторить до тех пор, пока линия визирования оптического центрира при горизонтально установленной алидаде не будет совпадать с центром знака.

Центрирование штативов с подставками на пунктах наблюдения рекомендуется выполнять лот-аппаратом или оптическим центриром, что позволяет измерять углы по трехштативной системе. При этом в качестве визирной цели используют специальные визирные марки, обеспечивающие надежное совмещение биссектора зрительной трубы с ними даже при неодинаковых по длине визирных лучах.

После центрирования теодолита приводят с помощью уровня ось вращения теодолита в отвесное положение (нивелирование прибора) путем вращения подъемных винтов прибора.

Программу наблюдений составляют в зависимости от способа измерений. На монтажной площадке обычно применяют два из них: круговые приемы (при трех и более направлениях) и измерения отдельных углов (при двух направлениях). Когда программа наблюдений продумана, а выверенный теодолит приведен в рабочее положение, можно приступить и к самим угловым измерениям. Для получения надежных результатов необходимо научиться выполнять наблюдения.

Измерение направлений способом круговых приемов начинают при положении вертикального круга КЛ. Наводят биссектор на начальный левый пункт и берут отсчет по горизонтальному кругу (теодолит Т5, 2Т5), а при применении теодолитов с отсчетным приспособлением в виде оптического микрометра (Т2, 2Т2) отсчет берут дважды, совмещая каждый раз в микроскопе изображения противоположных штрихов горизонтального круга.

Для облегчения вычислений рекомендуется отсчет по горизонтальному кругу при наведении на начальный пункт устанавливать порядка  $1' \dots 5'$ . Далее, вращая алидаду по ходу часовой стрелки, наводят биссектор зрительной трубы последовательно на все остальные пункты со взятием и за-

**V.6. Запись измерения направлений способом круговых приемов (теодолит 2Т2)**

Направление	Круг	Отсчет по лимбу	Отсчет (a) по микрометру			2C = Л - П	$\frac{Л+П}{2}$	Значение направления
			a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>ср</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9

**Первый прием**

01	Л	0°02'	01"	01"	01"	+12"	$\frac{54''}{55''}$	0°00'00"
	П	180°01'	49"	49"	49"			
02	Л	36°42'	35"	35"	35"	+11"	30"	36°40'36"
	П	216°42'	23"	24"	24"			
03	Л	59°14'	43"	40"	42"	+9"	38"	59°12'44"
	П	239°14'	34"	32"	33"			
01	Л	0°01'	57"	58"	58"	+8"	54"	—
	П	180°01'	50"	50"	50"			

Незамыкание горизонта  $\Delta_L = -3''$   $\Delta_P = +1''$   $\Delta_{ср} = -1''$

**Второй прием**

01	Л	90°01'	07"	09"	08"	+7"	$\frac{02''}{04''}$	0°00'00"
	П	270°01'	00"	02"	01"			
02	Л	126°41'	38"	38"	38"	+5"	36"	36°40'34"
	П	306°41''	31"	35"	33"			
03	Л	149°13'	43"	43"	43"	+5"	40"	59°12'38"
	П	329°13'	37"	39"	38"			
01	Л	90°01'	02"	02"	02"	+6"	59"	—
	П	270°00'	55"	56"	56"			

Незамыкание горизонта  $\Delta_L = -6''$   $\Delta_P = -5''$   $\Delta_{ср} = -6''$

**Примечание.** Незамыкание горизонта есть разность отсчетов на начальное направление (01) в конце и начале каждого полуприема, т. е. для КЛ имеем  $\Delta_L = 90°01'02'' - 90°01'08'' = -6''$ .

писью в графах 3, 4 и 5 (табл. V.6) отсчетов. Неподвижность горизонтального круга в течение полуприема контролируют повторным наведением зрительной трубы на начальный пункт (замыкание горизонта). Средние значения из отсчетов на этот пункт в начале и конце полуприема должны сходиться между собой в пределах точности визирования и отсчета

по теодолиту. Если расхождение в отсчетах не превышает приведенных ниже допусков, то переходят к измерениям направлений при КП.

	<i>Теодолит</i>	
Разность двойных отсчетов по микрометру . . . . .	2Т2	2Т5
Разность между отсчетами по горизонтальному кругу в начале и конце полуприема (замыкание горизонта) . . . . .	6"	0,2'
Колебание двойной коллимационной ошибки в приеме . . . . .	12"	0,2'
Разность значений направлений между отдельными приемами, приведенных к общему начальному, равному нулю . . . . .	6"	0,2'
Расхождение между значениями соответствующих направлений, полученных при КЛ и КП в одном приеме . . . . .	6"	0,2'

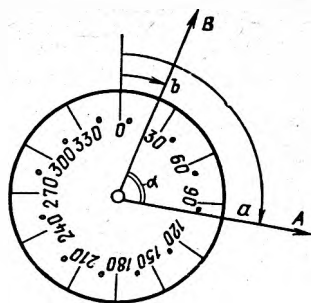
Во втором полуприеме, после перевода зрительной трубы через зенит, наблюдают те же направления, но в обратном порядке, т. е. вращают алидаду против хода часовой стрелки. Запись результатов наблюдений в журнале ведут снизу вверх. Заканчивают наблюдения наведением трубы на начальный пункт, что позволяет путем вычисления замыкания горизонта контролировать неподвижность лимба в процессе всего измерения.

При допустимых расхождениях в отсчетах на этот пункт, выполненных в начале и конце полуприема, прием считается законченным. Таким образом, для ослабления влияния коллимационной ошибки и контроля за колебаниями ее величины, каждое направление в приеме наблюдается дважды при обоих (КЛ и КП) положениях вертикального круга. Здесь же, на станции, не снимая теодолита со штатива, выводят средние из отсчетов  $a_{\text{ср}} = (a_1 + a_2)/2$  по микрометру (см. графу 6 в табл. V.6). Кроме этих средних выписывают средние из отсчетов (см. графу 8) при круге «лево» и круге «право», уменьшая последние на  $180^\circ$ , и разности между ними (см. графу 7), получившие название двойной коллимационной ошибки (2С).

Если бы наблюдения и отсчеты были абсолютно точны, то величина 2С оставалась бы неизменной для всех направлений. На самом же деле значение двойной коллимационной ошибки может колебаться в ту или другую сторону на величины, не превышающие возможных погрешностей наблю-



Рис. V.3. Схема измерения горизонтального угла



дений и отсчетов. Следует отметить, что колебание величины  $2C$  в указанных выше пределах не указывает на действительные изменения коллимационной ошибки. Эти расхождения происходят лишь от совокупности всех погрешностей наблюдений. Поэтому по величине колебаний коллимационной ошибки судят о качестве наблюдений на пункте.

Для дальнейшего сопоставления результатов измерений, полученных из разных приемов на один и тот же предмет, в каждом приеме приводят измеренные направления к общему начальному, равному нулю (см. графу 9). Для этого вычитают средний отсчет (подчеркнут в графе 8) первого направления из средних для всех остальных. При этом для начального направления берут среднее (подчеркнуто в графе 8) из записей отсчетов в начале и в конце полуприемов. Так, указанное в графе 9 значение направления 02 получено как  $36^{\circ}42'30'' - 0^{\circ}01'54'' = 36^{\circ}40'36''$ . Аналогично приводят и остальные измерения направления к общему начальному, равному нулю. При таком подходе в дальнейшем появляется возможность сопоставить между собой результаты измерения одноименных направлений, полученных из разных приемов.

Последующие приемы измерений выполняют аналогично первому, а для уменьшения влияния ошибок от делений лимба последний между приемами переставляют на угол  $180^{\circ}/m$ , где  $m$  — число приемов, выполняемых на пункте.

При этом порядок обработки наблюдений и контроль результатов измерений выполняют аналогично первому приему. Кроме того, сопоставляют значения одноименных направлений, полученные из разных приемов. Расхождения между этими направлениями, называемые колебаниями направлений, приведенными к нулю, не должны превышать установленных инструкциями допусков.

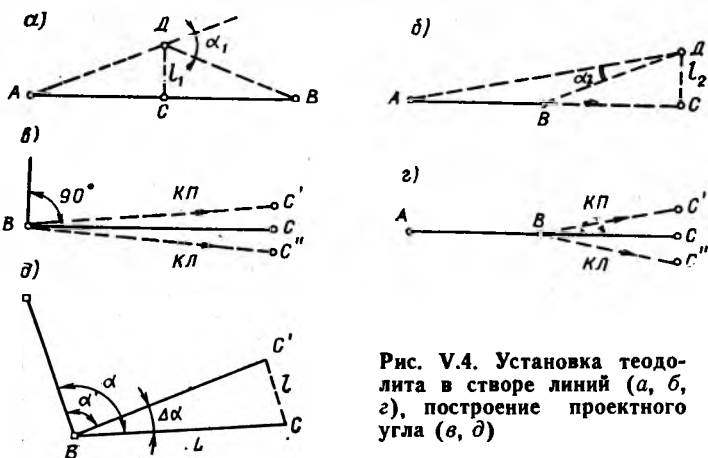


Рис. V.4. Установка теодолита в створе линий (а, б, з), построение проектного угла (в, д)

Так как каждый угол есть разность двух направлений то измерение горизонтальных углов отличается от измерения направлений по способу круговых приемов лишь тем, что при каждой установке лимба наблюдают только два направления, составляющие отдельный угол.

Измеряя горизонтальный угол между двумя заданными направлениями, наводят зрительную трубу теодолита поочередно на правую А и левую В визирные цели, обозначающие направление сторон угла (рис. V.3). При каждом наведении производят отсчеты по горизонтальному кругу, разность которых и будет характеризовать величину измеряемого угла  $\alpha = a - b$ .

Так как оцифровка лимбов у теодолитов выполнена по ходу часовой стрелки, величину горизонтального угла  $\alpha$  вычисляют по правилу: отсчет на правую визирную цель минус отсчет на левую визирную цель. Для контроля качества выполненных измерений угла и для ослабления влияния некоторых инструментальных погрешностей измерения выполняют и при втором положении вертикального круга, переводя зрительную трубу теодолита через зенит.

Если расхождение между значениями угла в обоих полуприемах будет допустимым, то выводят среднее значение угла, которое будет более точным, чем значения угла, полученные в полуприемах.

**Установка пунктов в створе линий и построение проектных углов.** Детальным разбивкам и контрольным измерениям при возведении зданий и сооружений сопутствуют по-

строение прямых углов и установка точек в створе заданной линии, а иногда на ее продолжении. Некоторые встречающиеся в практике варианты таких построений приведены на рис. V.4.

Для установки теодолита  $D$  в створе линии и посередине между точками  $A$  и  $B$  (рис. V.4, *a*) или на равном удалении по продолжению линии  $AB$  (рис. V.4, *б*) рекомендуется примерно определить угол  $\alpha$ . Затем смещают теодолит на величину  $l_1 = (\alpha_1/2 \rho)$   $AC$ ,  $l_2 = (\alpha_2/\rho)$   $AC$  (см. рис. V.4, *б*), где  $\rho$  — число минут (секунд) в радиане, т. е.  $\rho' = 3438'$ , а  $\rho'' = 206265''$ .

Для удобства вычислений полезно запомнить, что на каждые 100 м величина смещения  $l_1$  составляет: при  $\alpha = 1''$  — 5 мм; при  $\alpha = 1'$  — 3 см; при  $\alpha = 1^\circ$  — 1,7 м.

**Пример.** Определить величину смещения теодолита  $l_1$ , расположенного посередине между точками  $A$  и  $B$  линии (см. рис. V.4, *a*), если  $AC \approx BC \approx 60$  м, а измеренный угол  $\alpha_1 = 40'$ .

С учетом приведенной рекомендации по быстрому вычислению смещения  $l_1$  и  $\alpha_1/2 = 20'$  получим:

$$l_1 = 20 \cdot 3 \cdot 0,6 = 36 \text{ см.}$$

Сместив теодолит на вычисленную величину  $l_1 = 36$  см, выставив (точка  $C$ ) его в створе и примерно посередине линии  $AB$ .

Далее следует выполнить контроль установки теодолита в створ линии. При необходимости определяют вторичное смещение  $l_1$  по измеренному новому значению угла  $\alpha_1$  и делают еще одну перестановку теодолита.

Построение проектных углов (см. рис. V.4, *в*), вешение и установку теодолита в створе и на продолжении линии (см. рис. V.4, *г*) необходимо осуществлять при двух положениях вертикального круга, что обеспечивает контроль качества измерений.

Кроме того, нахождением среднего положения направления ( $BC$ ) между двумя точками  $C'$  и  $C''$  ослабляют влияние некоторых инструментальных погрешностей и повышают точность разбивочных работ.

При построении угла следует визировать зрительной трубой теодолита по исходному направлению и брать отсчет по горизонтальному кругу. Далее вращением алидады устанавливают новый отсчет, увеличенный на величину проектного угла  $\alpha$ , если он расположен вправо от исходного направления. Если же угол  $\alpha$  расположен влево от исходного направления, то новый отсчет по алидаде должен быть меньше на величину проектного угла.

Для контроля качества измерений и повышения точности конечного результата аналогичное построение угла выполняют и при втором положении вертикального круга.

При этом фиксируют в точках  $C'$  и  $C''$  каждое из двух направлений зрительной трубы ( $BC'$  и  $BC''$ ). Окончательное положение точки  $C$  будет посередине между точками  $C'$  и  $C''$ , а новое направление ( $BC$ ) будет характеризовать второе (искомое) направление проектного угла  $\alpha$ .

Для обеспечения более высокой точности отложения угла предусматривают дополнительные измерения и построения (см. рис. V.4,  $\delta$ ). Величину угла  $\alpha'$ , отложенную одним полуприемом, измеряют (например, способом приемов) с необходимой точностью и определяют поправку  $\Delta\alpha$  как разность проектного угла  $\alpha$  и измеренного  $\alpha'$ . Поправку  $\Delta\alpha$  необходимо ввести во второе направление угла путем откладывания линейного элемента  $l$  (перпендикуляра), определяемого по формуле  $l = L\Delta\alpha/\rho$ .

Откладывая в натуре от точки  $C'$  длину вычисленного перпендикуляра  $l = C'C$ , получают точку  $C$ , лежащую на второй стороне переносимого в натуру заданного угла  $\alpha$ .

Описанное построение заданного проектом горизонтального угла в натуре получило название с п о с о б а р е д у ц и р о в а н и я.

В условиях монтажа зданий и сооружений приходится иметь дело, как правило, с короткими сторонами. Поэтому при построении проектных углов, как показывают расчеты, редуция (смещение) визирной цели не должна превышать 2 мм, а центрирование теодолита надо осуществлять оптическим центриром с погрешностью не более 1 мм.

Кроме того, следует отметить, что при отложении проектных углов погрешности центрирования теодолита и редуции визирной цели на исходном направлении без изменения величины отложения угла влияют на ориентирование инструмента относительно опорных пунктов, а следовательно, — на положение переносимой в натуру точки. Необходимо также учитывать, что погрешность в положении переносимой в натуру точки, вызванная неточным центрированием инструмента, растет с увеличением расстояния от инструмента до этой точки. Это особенно заметно при небольшой длине исходного направления. Таким образом, влияние линейного элемента центрирования на величину смещения проектной точки тем больше, чем больше отношение длин переносимого направления к исходному. Следовательно, условия монтажной площадки и требуемая точность установки теодолита над

## V.7. Условия обеспечения точности угловых измерений

Процесс	Средние квадратические погрешности измерения угла		
	10"	20"	30"
Центрирование теодолита и визирных целей	Использование оптического центрира с применением трехштативной системы		Использование нитяного отвеса с противветровой защитой
Фиксация центров знаков	Кернением на металлической головке знака	Прочерчивание шпилькой, карандашом с откраской на гладкой поверхности	
Число полных приемов	2	1	1
Типы теодолитов по ГОСТ 10529—79 (или равноточные им)	T2, T5, T5K	T5, T5K	T30, T30M

знаком обязывают осуществлять его центрирование только оптическим центриром.

Для обеспечения проектной точности и получения надежных и устойчивых результатов измерений при монтаже зданий и сооружений необходимо соблюдать установленные СНиП условия угловых измерений и применять технические средства, указанные в табл. V.7.

**Инструменты для измерения и построения углов.** На разных стадиях строительного-монтажного производства в зависимости от требуемой точности измерений или построений углов применяют теодолиты, которые разделяют по точностным характеристикам, способу снятия отсчетов и другим признакам. К классу точных теодолитов относят инструменты, у которых средние квадратические погрешности измерения горизонтального угла из одного приема не превышают 10", к классу технических — 30".

Изготавливаемые отечественной промышленностью и странами СЭВ теодолиты характеризуются значительным разнообразием конструкций, принципом действия отсчетного приспособления, уровнем при вертикальном круге или компенсатором вместо него.

### V.8. Технические и метрологические характеристики теодолитов

Параметры и характеристики	2Т2	2Т5	Т30	Theo 010А	Te-B1	Theo 020А	Te-D1
Увеличение зрительной трубы, крат	25	27	20	30	30	25	25
Угол поля зрения, град	1,5	1,5	2	1,5	1,3	1,3	1,5
Наименьшее расстояние визирования, м	1,5	2	1	1,5	2	1,5	2
Цена деления кругов	20'	1°	10'	20'	20'	1°	1°
Цена деления оптического микрометра, ..."	1	—	—	1	1	—	—
Цена деления шкалового микроскопа, ..."	—	1	—	—	—	1	1
Точность отсчета с оценкой на глаз, ..."	0,1	6	60	0,1	0,1	6	6
Средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла из одного приема (инструментальная), ..."	2	5	30	2	2	3	6
Цена деления уровней:							
круглого, ..."/2 мм	—	—	—	8	6	8	6
при алидаде горизонтального круга, ..."/2 мм	15	30	45	20	20	20	30
при алидаде вертикального круга, ..."/2 мм	20	—	—	—	20	—	30
накладного на ось вращения трубы, ..."/2 мм	10	—	—	—	10	—	—
накладного на трубу, ..."/2 мм	—	—	—	20	—	20	—
Диапазон работы компенсатора, ..."	—	3	—	4	—	4	—
Масса, кг:							
теодолита	5,2	3,6	2	4,5	5,5	4,2	4,8
комплекта	15	12,8	7,7	14,9	15,5	14,6	12,7

## V.9. Область применения теодолитов

Вид измерений	Рекомендуемый инструмент	Точностная характеристика инструмента
Точные геодезические работы при монтаже конструкций, разбивка и приемка вынесенных на фундаменты осей, передача координат осевых точек на вышележащие горизонты	T2; Theo, 010A; Те-ВЗ	2"
Геодезические работы при монтаже конструкций, приемка фундаментов, измерения при установке и выверке конструкций, передача координат осевых точек на монтажные горизонты, исполнительные съемки	T5; 2Т5К; Theo 020А; Те-Д1	5"
Выверка конструкций, угловые измерения с погрешностью 30" и различного рода створные измерения	T30; 2Т30	30"

Некоторые точностные характеристики и возможная область применения теодолитов при строительстве зданий и сооружений приведены в табл. V.8 и V.9.

## 27. Высотные измерения

Положение сборных элементов в конструкции не будет определено окончательно пока, помимо плановых координат, не будут обеспечены при монтаже и их высоты. Под высотой  $H$  точки земной поверхности, равно как и любой конструкции здания или сооружения, понимают вертикальное (считаемое по отвесной линии) расстояние от урвенной поверхности до этой точки. Числовое выражение высоты называют отметкой точки.

В зависимости от принимаемой за начало отсчета урвенной поверхности различают абсолютные отметки, определяемые от среднего уровня Балтийского моря, и относительные, или условные, определяемые от любого другого уровня поверхности. Иногда отметки в проектах дают относительно уровня чистого пола или другого горизонта, тогда их называют относительными высотами или превышениями. Измерительные действия, в результате которых определяют превышения одних точек местности или конструкций над другими, называют высотными измерениями, или нивелированием. В практи-

## V.10. Условия обеспечения точности высотных измерений

Условия измерений, тип приборов	Средние квадратические погрешности на станции, мм			
	1	2-3	5	10
Неравенство плеч на станции, м, не более	4	7	10	15
Высота визирного луча над препятствием, м, не менее	0,3	0,2	0,2	0,2
Типы нивелиров по ГОСТ 10528—76* или им равноточные	Н-05 и модификация	Н-3 и модификация		Н-10 и модификация
Типы реек для нивелиров по ГОСТ 11158—83 или им равноточные	РН-05	РН-3		РН-10
Типы лазерных приборов или им равноточные	—	—	ПИЛ-1 (ТУ ОДО. 397.202); ЛВ-5М (ТУ2.787.001); УКЛ-1 (ТУ-ЛУ ШФ2.404.000)	
Типы реек для лазерных приборов	—	—	Рейка с фотоприемником; РН-3 для ЛВ-5М	

ке монтажа конструкций в зависимости от метода и применяемых инструментов различают следующие виды нивелирования:

*геометрическое*, когда превышение между точками определяют с помощью горизонтальной линии визирования;

*тригонометрическое*, выполняемое наклонным визирным лучом, когда превышение вычисляют по измеренному углу наклона и расстоянию между точками;

*гидростатическое*, основанное на определении превышения относительно уровня жидкости в сообщающихся сосудах.

Самым точным и наиболее распространенным в практике монтажных работ является геометрическое нивелирование, выполняемое с использованием нивелиров и нивелирных реек.

Для получения надежных результатов геометрического нивелирования необходимо соблюдать условия измерений, приведенные в табл. V.10.

**Инструменты для измерения превышений.** При монтаже конструкций превышения (разности высот) между двумя точками или монтажными горизонтами обычно определяют



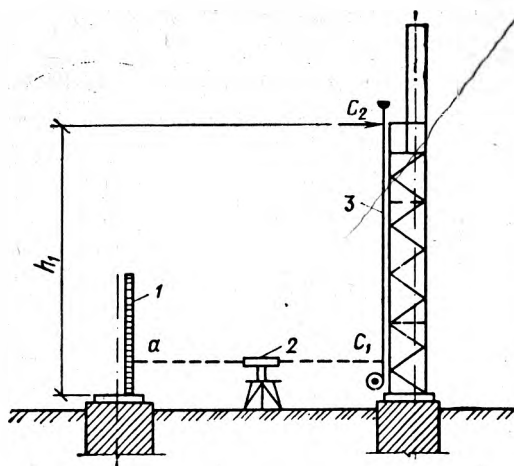
## V.11. Технические характеристики нивелиров

Параметры и характеристики	Н-05	Н-3	Н-10	Н-3К	Н-10КЛ	Н1-007	Н1-В3
Увеличение зрительной трубы, крат	40	30	20	30	20	31,5	28,3
Наименьшее расстояние визирования, м	5	2	1,5	2	1,5	2,2	3
Цена деления цилиндрического уровня, ..."/2 мм	10	15	45	15	—	—	—
Цена деления установочного уровня, ..."/2 мм	5	8	10	10	10	8	8
Предел работы компенсатора, ...'	—	—	—	15	20	10	15
Средняя квадратическая погрешность на 1 км хода, мм	0,5	3	10	3	10	1,5	2
Точность отсчета по лимбу горизонтального круга с оценкой на глаз, ...'	—	—	—	—	1	1	1
Масса, кг:							
нивелира	6	1,8	1,8	1,8	1,8	3,9	2,3
комплекта	15	7,8	7,8	7,8	7,8	12,1	9,7

геометрическим нивелированием с помощью нивелиров, реек и рулеток.

Нивелиры (табл. V.11) подразделяют по точности выполняемых измерений, способу горизонтальной установки линии визирования и назначению. ГОСТ 10528—76 предусматривает выпуск нивелиров трех типов: высокоточный Н-0,5, точный Н-3 и технический Н-10.

Цифра в шифре нивелира означает среднюю квадратическую погрешность, предусмотренную на 1 км двойного (прямого и обратного) хода. Перечисленные нивелиры выпускают двух исполнений: с уровнем при зрительной трубе и с компенсатором незначительных ( $8'$  —  $20'$ ) ее углов наклона. При наличии компенсатора к шифру нивелира добавляется буква К, например; Н-3К и Н-10К. Кроме того, предусмотрен выпуск модификации технического нивелира с лимбом для измерения горизонтальных углов, тогда в шифр нивелира добавляется буква Л, т. е. Н-10Л или Н-10КЛ.



**Рис. V.5. Определение высотного положения точек, расположенных на разных уровнях**

1 — рейка; 2 — нивелир; 3 — полотно рулетки;  $a$  — отсчет по рейке;  $C_1$  и  $C_2$  — отсчеты по рулетке

В комплекте с нивелирами Н-05, Н-3 и Н-10 поставляют рейки РН-05, РН-3 и РН-10 с ценой деления соответственно 5, 10 и 10 мм. При этом ГОСТ 11158—83 предусматривает изготовление реек длиной, мм: РН-05—3000, 1200; РН-3—1500, 3000, 4000; РН-10—4000.

**Вынесение в натуру проектных отметок.** В практике монтажа зданий и сооружений широко пользуются понятием исходного и монтажного горизонтов. Причем под исходным горизонтом понимают плоскость, в уровне которой произведена первоначальная геодезическая разбивка, а под монтажным — плоскость, проходящую по низу основания монтируемых конструкций последующих ярусов.

Условия работы на монтажной площадке и требования к точности установки конструкций обязывают создавать на участке работ сеть рабочих реперов, количество и расположение которых должны обеспечивать передачу отметки к месту монтажа с одной или двух станций нивелирования.

Высотное положение подкрановой ступени колонн или подкрановых путей следует определять геометрическим нивелированием с точностью 2 мм. Для этого рекомендуется использовать рулетки, рейки и нивелир, установленный в уровне фундаментов (рис. V.5). Определению подлежат: превышение между репером и нижним отсчетом  $C_1$  на рулетке, равное отсчету  $a$  по рейке;

отрезок полотна рулетки между нижним  $C_1$  и верхним  $C_2$  отсчетами.

Тогда искомое превышение подкрановой ступени колонны над репером составит  $h_1 = a + (C_1 - C_2)$ . При этом в длину полотна рулетки, равную  $C_1 - C_2$ , необходимо ввести поправки на компарирование  $\Delta L_{к}$ , на температуру  $\Delta t$ , на натяжение  $\Delta L_{нат}$ .

При монтаже сборных элементов строящихся зданий и сооружений передачу отметок на вышележащие этажи производят с помощью двух нивелиров и вертикально подвешенной стальной рулетки. При этом полотно рулетки должно быть установлено отвесно и натянуто с определенным усилием. Обычно закрепление верхней части рулетки и крепление груза к ее нижней части выполняют различными, иногда несовершенными способами, не обеспечивающими ее неподвижность и требующими много времени. Кроме того, часто возникает необходимость подвесить полотно рулетки длиной 6, 12, 18 и более метров при стандартной длине рулетки 5, 10, 25, 50 метров.

Схема установки приборов и приспособлений при передаче отметок на перекрытия многоэтажного здания с применением держателя рулетки, предложенного А. В. Крючковым, Н. А. Шmeliным и А. И. Беляниным, показана на рис. V.6, а.

Авторами предложено приспособление для закрепления рулетки на монтажном горизонте, применение которого позволяет верхнюю часть рулетки закрепить неподвижно на штативе посредством подставки и петли. Натяжение рулетки с определенным усилием и фиксация ее в отвесном положении осуществляются держателем. Держатель рулетки (рис. V.6, б) включает в себя хомут, состоящий из пластины, поворотного устройства и зажимного винта. Пластина имеет на одном конце вырез для вывода из зацепления с винтом. Груз имеет вырез для барабана рулетки, скос для удобства вращения флажка и конусную часть.

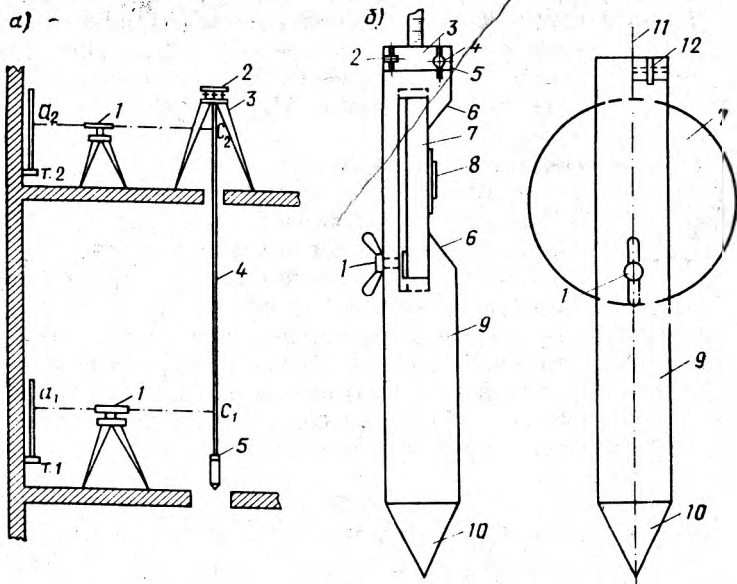
Приспособление работает следующим образом:

штатив с закрепленной на нем подставкой устанавливают над местом определения превышения;

с помощью петли закрепляют верхний конец рулетки на подставке;

барабан рулетки вставляют в вырез и закрепляют зажимным винтом;

открыв винт и повернув пластину, вводят полотно рулетки в хомут, затем поворачивают пластину в первоначальное положение;



**Рис. V.6. Передача отметок на этажи**

*a* — схема установки геодезических приборов: 1 — нивелир; 2 — подставка; 3 — штатив; 4 — полотно рулетки; 5 — держатель рулетки; 6 — приспособление «держатель рулетки»: 1 — зажимной винт груза; 2 — поворотное устройство; 3 — хомут; 4 — зажимной винт хомута; 5 — вырез хомута; 6 — скос; 7 — барабан рулетки; 8 — ручка рулетки; 9 — груз; 10 — конусная часть груза; 11 — полотно рулетки; 12 — пластина хомута

распустив полотно рулетки на требуемую длину зажимным винтом хомута, крепят держатель с корпусом рулетки на требуемой длине полотна последней;

опускают вниз полотно рулетки вместе с закрепленным держателем.

Если требуется удлинить или укоротить подвешенную часть полотна рулетки, достаточно ослабить винт и распустить полотно из барабана, закрепленного в держателе, или, наоборот, закрутить полотно с помощью ручки рулетки в барабан и снова закрепить винт.

С помощью приспособления рулетка закрепляется практически неподвижно, поэтому считается необязательным одновременный отсчет по рулетке в верхней ее части и нижней, как это было принято раньше. А вместо двух наблюдателей с двумя нивелирами эту работу выполняет один наблюдатель, выполняя ее в обеих точках поочередно.

В этом случае искомое превышение  $h_{12}$  точки 2 под точкой 1 составит  $h_{12} = a_1 + (C_1 - C_2) - a_2$ .

Применение приспособления значительно облегчает передачу отметок на этажи зданий и на вышележащие горизонты сооружений, необходимую для обеспечения совпадения уровней основных элементов сооружений, а также проектного положения монтируемых элементов здания.

Как показала практика высотных измерений, использование этого приспособления значительно упрощает разбивочные работы на строительной площадке и способствует повышению точности передачи отметок на монтажные горизонты.

Среднюю квадратическую погрешность передачи проектной отметки  $\sigma_h$  (мм) на монтажный горизонт здания или сооружения нивелирами типа Н-3, рейками с сантиметровыми делениями и стальными компарированными рулетками с миллиметровыми делениями можно вычислить по формуле

$$\sigma_h = (1,5 + 0,25N),$$

где  $N$  — порядковый номер яруса, на который передают отметку от исходного репера.

Высотные измерения при возведении зданий и сооружений призваны обеспечить проектное положение опорных поверхностей устанавливаемых конструкций по высоте в пределах заданных допусков. Эти измерения сопровождают монтажные работы и выполняют их как на стадии временного закрепления конструкций, так и при исполнительной съемке после окончательного их закрепления.

В качестве высотной основы для выполнения контрольных измерений при установке конструкций обычно используют реперы, марки и отмеченные на смонтированных конструкциях рабочие реперы. Последние оформляют и закрепляют на перекрытии монтажного горизонта в виде приваренного уголка или обрезка арматуры. Допускается закрепление рабочего репера монтажного горизонта на установленных конструкциях в виде карандашной черты, отневаемой трудносмываемой краской.

Проектная точность передачи отметок по высоте обеспечивается соблюдением условий измерений (табл. V.12).

**Уровни.** Для контроля наклона и приведения в горизонтальное или вертикальное положение сборных элементов при их установке используют различные уровни: рамные, брусковые, микрометрические и др. Основной частью уровня является стеклянная трубка-ампула с хорошо отшлифо-

### V.12. Условия обеспечения точности передачи отметок по высоте

Условия измерений. Приборы	Средние квадратические погрешности определения отметок на монтажном горизонте относительно исходного, мм				
	3	4	5	6	15
Высота монтажного горизонта, мм	До 15	Свыше 15 до 60	Свыше 60 до 100	Свыше 100 до 120	—
Неравенство плеч на станции, м, не более	5	5	5	5	15
Высота визирного луча над препятствием, м, не менее	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1
Методика работы	Взятие отсчета на монтажном горизонте	Одновременное взятие отсчетов на верхнем и нижнем горизонтах			Взятие отсчета на монтажном горизонте
Нивелиры, рейки, теодолиты или им равноточные	Н-3 и модификация; РН-3			Н-05 и модификация; РН-05	Н-10 и модификация; РН-10; Т5; Т30
Рулетки	ОПК2-20 АНТ/1; ОПК2-30 АНТ/1; ОПК2-50 АНТ/1			АНТ/1;	ОПК3-20; АНТ/1
Натяжение рулеток, Н (кгс)	100 (10)				50 (5)

ванной под сферу внутренней поверхностью, заполненной эфиром или этиловым спиртом. Маленький пузырек в ампуле уровня всегда занимает наивысшее положение и является подвижным указателем шкалы уровня, выполненной в виде штрихов делений, нанесенных на верхней поверхности ампулы через 2 мм. Ценой деления шкалы ампулы называется наклон уровня, соответствующий перемещению пузырька на одно деление шкалы (в миллиметрах на 1 м длины). Под ценой деления уровня понимают центральный угол  $\tau$ , опирающийся на дугу, равную одному делению, или, что равнозначно, угол, на который отклонится ось уровня при смещении его пузырька на одно деление. Величина наклона уровня 0,01 мм на 1 м длины соответствует углу 2".

Брусковые и рамные уровни по точности делят на три группы (I, II, III). Уровни группы точности I имеют цену деления 0,02—0,05 мм на 1 м (или 4—10"), уровни группы

точности II — соответственно 0,06—0,1 мм (12—20") и уровни группы III — 0,12—0,2 мм (24—40").

У микрометрических уровней отсчет показаний производят по шкале микрометрической головки, цена деления которой 0,1 мм на 1 м. Предельная погрешность измерения составляет  $\pm 0,1$  мм на 1 м. Для более точных измерений используют микрометрические уровни повышенной точности с ценой деления 0,01 и 0,02 мм на 1 м, следовательно, они обеспечивают меньшую предельную погрешность на всем пределе измерений.

## **28. Вертикальные измерения**

В процессе строительства многоэтажных зданий и высотных сооружений по мере их возведения создается высокоточная многоярусная геодезическая сеть. Основой этой сети служат знаки планового обоснования на исходном горизонте. Для выполнения разбивочных работ и установки строительных конструкций в проектное положение геодезическую сеть ортогонально проектируют на верхние монтажные горизонты. При этом точность построения пространственной геодезической сети в основном определяется погрешностями проектирования центров знаков с исходного на монтажные горизонты.

При передаче разбивочных осей на монтажный горизонт широкое применение нашел способ проектирования коллимационной плоскостью трубы теодолита. Для этого теодолит устанавливают над опорным знаком на расстоянии от здания, равном или превышающем высоту монтажного горизонта, зрительную трубу ориентируют по створу разбивочной оси путем наведения перекрестия сетки нитей на закрепленную на цоколе здания или внизу сооружения осевую риску. Далее вращают зрительную трубу так, чтобы линия визирования направлялась на монтажный горизонт, где и отмечают проекцию оси на верхней грани стеновой панели или другой строительной конструкции. Для повышения точности измерений и ослабления некоторых инструментальных погрешностей теодолита перенос каждой оси выполняют при двух положениях вертикального круга (КП и КЛ) с каждой стороны здания или сооружения.

Опыт показывает, что перенесение осей коллимационной плоскостью не всегда обеспечивает требуемую точность. Особенно заметно это проявляется с увеличением расстоя-

### V.13. Точность передачи разбивочных осей

Способ передачи	Средняя квадратическая погрешность, мм, для высоты уровня передачи осей, м											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300
Теодолитами Т30, Т5 (проектирование осуществляется в одной плоскости при угле наклона визирной оси $\alpha = 45^\circ$ ):												
при одном круге (полуприем)	1,0	1,8	2,7	3,6	4,7	5,4	6,3	7,2	8,1	9,3	17,7	26,9
при двух кругах (полный прием)	0,6	1,0	1,4	1,8	2,2	2,7	3,1	3,6	4,0	4,4	9,0	13,5
Теодолитом с накладным уровнем (чувствительность уровня $\tau = 20''$ )	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	3,5	5,2
Приборами типа ПЗЛ	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,6	2,5

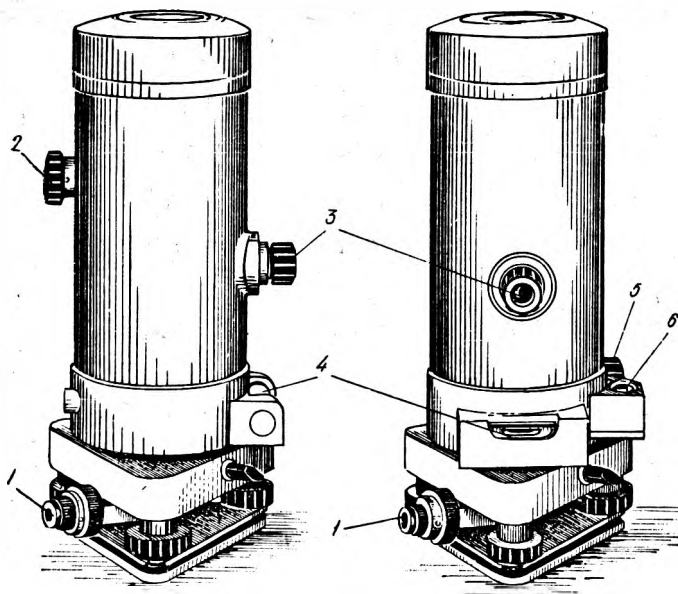
ния между исходным и монтажным горизонтами. Поэтому такое проектирование обычно применяют при возведении зданий и сооружений незначительной высоты.

Индустриализация строительного процесса и увеличение высоты зданий и сооружений, возводимых из унифицированных изделий, требуют рационализации процесса перенесения разбивочных осей на вышележащие горизонты.

Для суждения о точности передачи разбивочных осей в табл. V.13 приведены обобщенные сравнительные данные для различных способов и технических средств вертикальных измерений. Следует отметить, что для получения предельных отклонений  $\delta x$  передачи разбивочных осей указанные в табл. V.13 величины  $\sigma$  следует согласно зависимости (II.7) увеличить в три раза. Как видим, метод перенесения осей коллимационной плоскостью (наклонное визирование) не всегда обеспечивает требуемую точность, особенно при увеличении высоты зданий и сооружений.

Для выполнения такого рода работ при возведении высоких зданий и сооружений следует рекомендовать способ вертикального визирования, сущность которого состоит в том, что плановые координаты разбивочных осей передают по высоте с одного горизонта на другой способом оптической вертикали. Для этого приме-





**Рис. V.7. Прецизионный зенит-лот (ПЗЛ-100)**

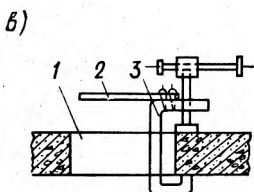
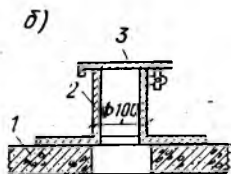
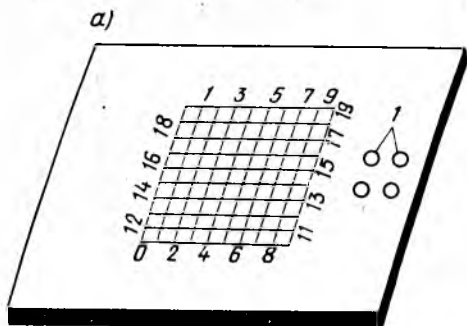
1 — оптический центрир; 2 — винт перемещения фокусирующей линзы; 3 — окуляр; 4 — цилиндрический уровень; 5 — микрометрический винт; 6 — круглый уровень

няют специальные приборы ПЗЛ-100, имеющие зрительную трубу с оптическими компенсаторами, автоматически обеспечивающими установку линии визирования в отвесное положение с высокой точностью (рис. V.7).

Зрительная труба ПЗЛ имеет оптический компенсатор, который автоматически обеспечивает установку линии визирования и отвесное положение в пределах зоны ( $\pm 10'$ ) компенсации с погрешностью  $\pm 0,5''$ .

Приведение в рабочее положение прибора включает центрирование его оптическим центриром над точкой оси, а также установку (до диапазона действия компенсатора) линии визирования в отвесное положение с помощью цилиндрического уровня, что достигается вращением подъемных винтов.

На горизонт, куда переносят координаты точек оси, на направлении оптической вертикали прибора приваривают к кронштейну рамку с прикрепленным оргстеклом или



**Рис. V.8. Приспособления к прибору ПЗЛ**

*a* — палетка: 1 — отверстия для крепления палетки к держателю; *б* — «ловушка»: 1 — плита перекрытия; 2 — труба, 3 — крышка; *в* — палеткодержатель: 1 — технологическое отверстие в плите перекрытия; 2 — палетка; 3 — струбцина

просто картоном, на котором отмечают проекции перекрестия сетки нитей. Однако для этой цели лучше всего пользоваться специальными палетками (рис. V.8, *a*), которые представляют собой координатную сетку с размерами  $200 \times 200$  мм, нарезанную обычно в центре листа из оргстекла. Линии координатной сетки оцифровывают по двум взаимно перпендикулярным осям. При изготовлении палетки толщину линий координатной сетки, а также расстояние между ними выбирают в зависимости от высоты зданий или сооружения, с тем, чтобы они были хорошо видны при установке палетки на всех этажах здания и на вышерасположенных горизонтах инженерных сооружений.

При передаче осей на монтажные горизонты приборами вертикального визирования необходимо обеспечить прямую видимость. Для этого в перекрытиях многоэтажных зданий устраивают технологические отверстия ( $200 \times 200$  мм или  $\varnothing 200$  мм), расположенные на одной отвесной линии с центрами знаков исходного горизонта. Отверстия желательно предусмотреть при изготовлении соответствующих плит, чтобы не пробивать их в процессе строительства. В качестве дополнительной принадлежности к прибору и палеткам необходимо иметь так называемую «ловушку» (рис. V. 8, *б*), которую устанавливают в отверстиях перекрытия первого

#### V.14. Отсчеты по палетке, взятые по горизонтальной нити

Точки	0°	180°	Средний отсчет	90°	270°	Средний отсчет
1	10,4	10,2	10,3	4,4	4,2	4,3
2	16,5	16,3	16,4	3,8	3,6	3,7

этажа для предохранения прибора от падения на него строительного мусора и других предметов.

Для закрепления палеток на монтажном горизонте используют палеткодержатели (рис. V. 8, в), причем удобно, когда они изготовлены на базе монтажной струбцины, применяемой для крепления конструкций при их установке.

Передачу координат центров знаков с исходного на монтажные горизонты способом оптической вертикали начинают с центрирования прибора и приведения линии визирования в отвесное положение. На монтажном горизонте на отвесном направлении устанавливают палетку. Отсчеты на палетке берут только по горизонтальной нити прибора и, для исключения инструментальных погрешностей, при положениях зрительной трубы, отличающихся на 180°.

В табл. V.14 показана запись отсчетов, взятых при четырех (0° — 180°; 90° — 270°) положениях зрительной трубы; при этом на палетке получены координаты переносимой точки 1 (10,3 и 4,3) и точки 2 (16,4 и 3,7).

Так как линии на палетке проведены под прямым углом, то для производства отсчетов при четырех положениях зрительной трубы горизонтальную нить сетки рекомендуют устанавливать наводящим винтом прибора параллельно линиям координатной сетки палетки.

По средним отсчетам-координатам находят проекции переносимых центров на палетке и отмечают их положение карандашом. Качество передачи координат на монтажный горизонт контролируют измерением расстояний между перенесенными точками и углов между направлениями на них, для чего над ними устанавливают визирные марки. Если расхождения в длинах линий не превышают установленных предельных отклонений, то приступают к разметке установочных рисок на монтажном горизонте. Для этого центрируют теодолит над вынесенной на палетку точкой и наведением зрительной трубы на другую точку ориентируют ее по створу оси. От полученного створа рулеткой выносят оси на плоскости установленных конструкций. При этом

**V.15. Условия обеспечения точности передачи точек и осей по вертикали**

Процессы, условия измерений	Средние квадратические погрешности передачи точек, осей по вертикали, мм			
	2	2,5	3	4
Высота проецирования, м	До 15	Свыше 15 до 60	Свыше 60 до 100	Свыше 100 до 120
Центрирование прибора	Оптическим центриром или нитяным отвесом	Оптическим центриром		
Фиксация точек	Карандашом на гладкой поверхности, палетке		Керном на исходном горизонте и карандашом по палетке	
Минимальное расстояние от визирного луча до строительной конструкции, м	0,2	0,2	0,1	0,1
Число приемов, не менее	1	1	2	2
Приборы	Т30	Т-2, ПИЛ-1	ЦО-1, ПЗЛ	

часто используют такой прием: совмещают соответствующий отсчет на полотне рулетки, расположенном перпендикулярно оси, с биссектором зрительной трубы, а по нулевому делению рулетки отмечают оси на конструкциях. Вынесенные оси закрепляют на конструкциях биссекторными открасками масляной краской и используют для определения планового положения верха смонтированных конструкций, а также в качестве ориентиров для монтажа конструкций последующего яруса.

Другим наиболее распространенным и простым средством для передачи осей на другие горизонты и выверки вертикальности устанавливаемых конструкций являются тяжелые отвесы. Их применение в некоторых случаях обеспечивает достаточную точность измерений, особенно при невысоких конструкциях. Но невысокая точность измерений, влияние ветровых воздействий и других факторов ограничивают широту их применения в современном строительстве. Для получения надежных результатов измерений следует соблюдать условия обеспечения точности передачи точек и осей по вертикали (табл. V.15).

## **Вопросы для повторения**

1. *Какие инструменты используют для линейных измерений на монтажной площадке?*
2. *В чем заключается порядок откладывания проектных расстояний рулеткой?*
3. *Какие погрешности линейных измерений вы знаете? Степень и принцип их влияния на точность разбивочных работ и контрольных измерений.*
4. *Для чего контролируют длину рулетки и как учитывают поправку на компарирование при измерениях?*
5. *Как определить влияние укладки полотна рулетки в створ линии и учет этой поправки?*
6. *Как определить влияние наклона полотна рулетки на точность измерения?*
7. *Как определяют и учитывают влияние поправки на разность температур рулетки?*
8. *Опишите порядок введения поправок в результате линейных измерений.*
9. *Перечислите условия обеспечения точности линейных измерений рулетками для различных классов точности.*
10. *Какая последовательность операций при измерении углов и построении их проектных величин, а также при установке пунктов в створе линий?*
11. *Какие условия обеспечения точности измерений для различных классов?*
12. *Назовите инструменты для измерения и построения углов и приведите их основные характеристики.*
13. *Какие виды нивелирования вы знаете и их особенности?*
14. *Какая последовательность работ при передаче проектных отметок на монтажные горизонты, применяемые инструменты и приспособления?*
15. *Для чего используют уровни? Область применения и специфика работы с ними.*
16. *Какие применяют способы передачи осей на монтажные горизонты, каковы их особенности и точность?*
17. *Какой порядок выполнения работ при передаче осей на верхние монтажные горизонты коллимационной плоскости трубы теодолита?*
18. *Какова сущность и порядок измерений при перенесении разбивочных осей на монтажные горизонты способом вертикального визирования приборами типа ПЗЛ?*

## **ГЛАВА VI. РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ НА МОНТАЖНОЙ ПЛОЩАДКЕ**

### **29. Виды разбивочной основы и точность измерений при ее приемке**

После составления проектной документации и ее утверждения приступают к строительству объекта. При этом начинают с перенесения проекта в натуру.

Поскольку осуществление проекта в натуре является заключительным этапом, следует знать, что и как нужно сде-

лать, чтобы своевременно обеспечить достаточную точность разбивочных работ для создания условий качественного и производительного монтажа. Эти знания необходимы для правильного выбора того или иного метода измерения в конкретной производственной обстановке, в зависимости от разнообразия принятых к строительству зданий (когда затруднительно рекомендовать стандартные схемы разбивок), особенностей строительного процесса, постоянно меняющего строительную ситуацию, неодинаковой точности измерений и многих других факторов.

*Под перенесением в натуру проекта, или разбивкой, понимают геодезические построения на местности, связанные с определением, обозначением и закреплением положения основных осей и габаритов производственных зданий и сооружений в соответствии с проектом.*

Геометрической основой проекта для перенесения промышленных зданий в натуру являются разбивочные оси, относительно которых в рабочих чертежах даются размеры всех деталей зданий.

Оси (продольные и поперечные), определяющие внешний контур зданий в плане, называют основными или габаритными. Две взаимно перпендикулярные оси, относительно которых здание или сооружение располагается симметрично, называют главными осями.

Для определения местоположения основных осей отдельных зданий или группы их, имеющих общие конструктивные связи, создают геодезическую разбивочную основу строительной площадки.

Наиболее распространенным видом геодезической основы строительной площадки, используемой для определения положения крупных промышленных предприятий, признана строительная сетка. При проектировании строительной сетки ее стороны стремятся ориентировать параллельно преобладающему направлению основных осей здания и главных осей сооружений, что способствует рациональному их перенесению с проекта в натуру, а также определению координат при исполнительной съемке. При этом заметно упрощается процесс определения элементов разбивки и непосредственных измерений на местности, поскольку в этом случае исполнители имеют дело только с прямыми углами и повторяющимися линейными размерами.

При строительстве отдельных зданий значительной протяженности геодезическую разбивочную основу предпочи-

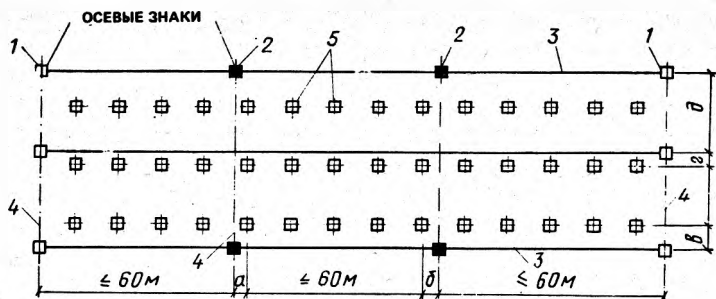


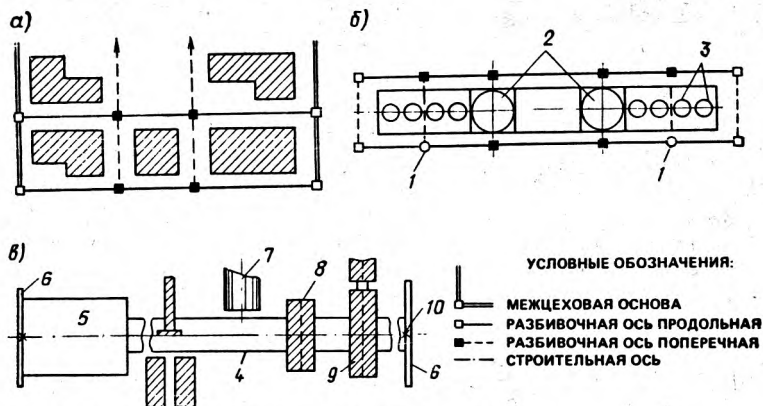
Рис. VI.1. Схема закрепления разбивочных осей

1 — знак продольной оси; 2 — знак поперечной оси; 3 — продольные оси; 4 — поперечные оси; 5 — колонны; а, б, г, д — привязки колонн к разбивочным осям

тают создавать в виде продольных и поперечных осей, определяющих положение и габариты здания или сооружения на местности. Такая специальная осевая основа с высокой точностью взаимного положения закрепленных пунктов на местности называется в е ш н е й г е о д е з и ч е с к о й о с н о в о й з д а н и я. Она должна обеспечить не только собираемость конструкций каркаса здания, но и размещение в последнем комплекса агрегатов с точной взаимной технологической и монтажной увязкой.

Положение разбивочных осей и места их закрепления намечают после ознакомления со строительными и технологическими чертежами здания с учетом габаритов котлованов и фундаментов, положения стен и колонн каркаса, прохождения подземных коммуникаций. Разбивочную сеть строят по вынесенным точкам основных осей, и в зависимости от конфигурации здания она может иметь форму треугольника, центральной системы, четырехугольника или быть в виде строительного базиса для цехов вытянутой формы.

Для удобства выполнения разбивочных работ и последующих контрольных измерений при строительстве каркасных зданий со стальными или железобетонными колоннами, устанавливаемыми на отдельные фундаменты, в ряде случаев имеет смысл проектировать параллельно смещенные (по отношению к осям колонн) разбивочные оси (рис. VI.1) При этом знаками закрепляют все параллельно смещенные продольные оси колонн, а поперечные — через 4—5 шагов колонн, но не реже чем через 60 м. Оси необходимо закреплять двумя знаками с каждой из противоположных



**Рис. VI.2. Схемы закрепления разбивочных осей**

*а* — для группы сооружений без кранов с ленточными фундаментами; *б* — при сплошных фундаментах: 1 — дымовая труба; 2 — доменные печи; 3 — воздухонагреватели; *в* — для цехов, имеющих протяженные механизмы и требующих точной соосности: 4 — рольганг; 5 — стан «900»; 6 — стропильная ферма; 7 — шлеппер; 8 — ножницы; 9 — блюминг; 10 — риска

сторон здания или же одним знаком с дополнительной откраской створа оси на стенах или фундаментах, расположенных вблизи здания или сооружения.

Для обеспечения сохранности на весь период строительства грунтовые осевые знаки необходимо закладывать за пределами непосредственной зоны строительства. Знаки должны иметь линейную привязку к местным предметам. Кроме того, желательно иметь их высотную привязку к реперам (отметку), что облегчает (по составленной схеме привязки) поиск знака, особенно когда он оказывается под снегом и т. д.

Главные и основные оси здания или сооружения закрепляют бетонными монолитами, забетонированными рельсами, штырями, трубками, специальными марками и откраской на капитальных существующих зданиях.

Всегда целесообразно совмещать знаки закрепления разбивочных осей с рабочими реперами строительной площадки.

Для группы сооружений с ленточными фундаментами и без кранов в качестве примера можно рекомендовать схему закрепления разбивочных осей, показанную на рис. VI.2.

При строительстве цехов, имеющих протяженные механизмы и требующих точной соосности для закрепления



осей, совмещенных с осями механизмов, используют стропильные фермы и внутренние грани стен цеха (см. рис. VI.2).

Выполнение измерений в условиях строительного производства требует от исполнителя знания разнообразных приемов и методов измерений, поэтому в данном параграфе рассмотрены основные схемы закрепления разбивочных осей, а также приемы контрольных измерений, встречающиеся при возведении зданий и сооружений.

Независимо от характера промышленного сооружения необходимым условием обеспечения точности его возведения является рациональное размещение знаков разбивочных осей с обязательным обеспечением удобства визирования инструментом и измерения линий на монтажной площадке.

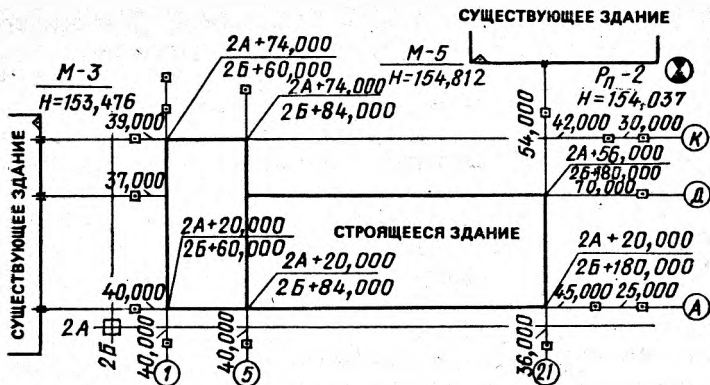
Обеспечение проектного положения железобетонных и стальных конструкций по высоте осуществляют геометрическим нивелированием от реперов, располагаемых (для сохранности и устойчивости на монтажной площадке), так чтобы они не попадали в зону земляных работ и планировки участка.

Высотную геодезическую основу для возведения зданий необходимо закреплять постоянными знаками с таким расчетом, чтобы отметки с них можно было передать на объект с двух реперов и не более чем при трех установках нивелира.

При определении количества и размещения рабочих реперов на монтажной площадке исходят из целесообразности обеспечения передачи отметки на отдельные элементы здания или сооружения при одной или, в крайнем случае, при двух установках нивелира.

После перенесения в натуру основных осей здания составляют в пяти экземплярах акт разбивки осей, к которому прилагают исполнительную схему разбивки и закрепления основных осей (рис. VI.3). Первый экземпляр акта и исполнительную схему хранят у выполнившей геодезическую разбивку специализированной организации, второй экземпляр этих документов заказчик оставляет у себя, а остальные три экземпляра передает генподрядчику. На исполнительном чертеже (схеме) показывают:

основные оси здания, закрепленные наружными знаками, с указанием расстояния между осями здания и между знаками закрепления осей, а также элементы привязки осей здания и сооружения к знакам закрепления;



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- — ГРУНТОВЫЙ ЗНАК
- △ — СТЕННАЯ МАРКА
- ⊙ — ГРУНТОВЫЙ РЕПЕР
- ⊕ — ОСЕВАЯ ОТКРАШЕННАЯ РИСКА
- ⊞ — ПУНКТ СТРОИТЕЛЬНОЙ СЕТКИ

Рис. VI.3. Исполнительная схема расположения знаков, закрепляющих основные оси, и рабочих реперов на объекте

пункты плано-высотного обоснования с указанием отметок реперов;

координаты точек пересечения основных осей в системе строительной сетки, используемой в качестве геодезической основы строительной площадки.

Всю техническую документацию по созданию разбивочной основы, включая материалы по определению и закреплению створными знаками основных осей здания, размещению реперов, каталоги координат и отметок, а также составленные абрисы всех пунктов разбивочной основы, по существующему положению, заказчик обязан передать подрядчику не позднее чем за 10 дней до начала строительно-монтажных работ. При этом на местности проверяют закрепление основных осей здания (цеха) и реперов, а также контролируют угловыми и линейными измерениями до пунктов разбивочной основы правильность посадки здания и, что особенно важно, выполняют контроль (линейными промерами сторон, диагоналей и измерением углов) взаимного положения вынесенных осей здания. При выполнении

последнего вида работ целесообразно использовать коротко-базисный метод определения расстояния совместно с многостативной системой измерения углов.

Согласно главе СНиП 3.01.03—85 устойчивость знаков геодезической разбивочной основы строительная или монтажная организация должна проверять в весенний и осенне-зимний периоды. Контроль правильности положения знаков, закрепляющих основные оси здания, и их неизменности, особенно перед перенесением осей на фундаменты колонн, рекомендуется осуществлять створным визированием.

Закрепление разбивочных осей вне контура здания наружными знаками обеспечивает выполнение разбивок и контрольных измерений только до возведения стен здания. Поэтому для бесперебойного обеспечения геодезическими измерениями всего монтажного цикла целесообразно по ходу строительства своевременно (в условиях прямой видимости) переносить разбивочные оси внутрь здания на возведенные элементы, установленные и закрепленные конструкции здания.

Оси на фундаментах закрепляют забетонированными в них деревянными пробками с гвоздем, металлическими пластинами, скобами, штырями и т. п., а на опорных плитах — керном, что удобно для центрирования устанавливаемых теодолитов и визирных целей. Для удобства визирования зрительной трубой теодолита разбивочные оси закрепляют откраской в виде рисок на колоннах, стенах, подкрановых балках и фермах (рис. VI.4).

Вынесенные в натуру основные оси (габаритные), фиксирующие контур здания, служат в дальнейшем основой для выполнения всех детальных геодезических разбивок.

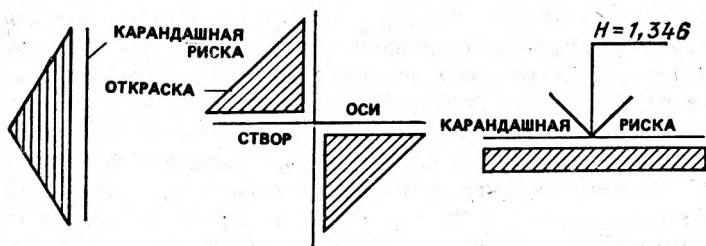


Рис. VI.4. Закрепление откраской створов осей, ориентирных рисок и отметок на конструкциях

Разбивочные оси используют в качестве основы при выполнении детальных разбивок для установки конструкций в проектное положение. Положение этих осей должно быть определено с необходимой точностью и для сохранности и последующего удобства измерений закреплено на поверхности фундаментов вне пределов опирания конструкций.

Точность взаимного положения разбивочных осей устанавливается в зависимости от расстояния между ними и регламентируется предельными отклонениями:

<i>Номинальные размеры между разбивочными осями, мм</i>	<i>Предельное отклонение, ±мм</i>
4001 до 8000 . . . . .	2
8001 до 16 000 . . . . .	3
16 001 до 25 000 . . . . .	5
25 001 до 40 000 . . . . .	8
40 001 до 60 000 . . . . .	12
60 001 до 100 000 . . . . .	20
100 001 до 160 000 . . . . .	30

Указанная точность соответствует третьему классу точности по ГОСТ 21779—82.

### **30. Общие принципы и основные элементы разбивочных работ**

Детальную разбивку, определяющую взаимное расположение стальных и железобетонных конструкций при монтаже, необходимо производить значительно точнее, чем разбивку главных осей, задающую лишь общее положение и ориентировку здания или сооружения в целом.

Условия монтажной площадки и требования к обеспечению нормативной точности измерения при разбивках определяют выбор инструментов и методов измерений. В соответствии с требованиями СНиП 3.01.03—85 точность разбивки следует устанавливать в зависимости от типа здания или сооружения, материала, из которого его возводят, а также с учетом конструктивных особенностей (табл. VI.1). В частности, величина пролета промышленного здания или высота сооружения, указанные в табл. VI.1, являются основанием для назначения точности измерений при разбивочных работах.

Детальную разбивку промежуточных осей часто осуществляют по обноске, которую устраивают, в зависимости от условий строительства, сплошной, разреженной, скамееч-

## VI.1. Точность разбивочных работ

Характеристика здания, сооружения и их конструкций	Величина среднего квадратического отклонения при измерениях		
	углов, ..."	линий*	высот, мм
Стальные конструкции с фрезерованными опорными торцами колонн; сборные железобетонные конструкции, монтируемые методом самофиксации в узлах; сооружения высотой 100—120 м или с пролетами 30—36 м	5	1/15000	1
Здания с пролетами 18—30 м или выше 15 этажей и сооружения высотой 60—100 м	10	1/10000	2
Здания 5—15 этажей или с пролетами 6—18 м и сооружения высотой 15—60 м	20	1/5000	2,5
Здания до 5 этажей или с пролетами до 6 м и сооружения высотой до 15 м	30	1/3000	3

\* Дана величина относительного отклонения.

ной или створчатой. На обноску теодолитом предварительно выносят с пунктов закрепления основные оси, фиксируя их положение гвоздем или откраской. Далее по обноске между закрепленными основными осями производят разбивку всех остальных промежуточных осей, положение которых фиксируют вначале карандашной риской. После увязки полученных результатов измерений и редуцирования (смещения) положения промежуточных осей посредством введения пропорциональных поправок положение осей закрепляют гвоздем. В зависимости от расстояния между противоположно установленными обносками в створе осей натягивают стальную проволоку диаметром 0,8—1,5 мм, с которой положение оси передают на дно котлована или на фундамент с помощью нитяного отвеса.

Обноску следует устанавливать в 3—5 м от бровки котлована параллельно основным осям здания так, чтобы верхняя грань ее была прямолинейна и горизонтальна. Это освобождает исполнителя от необходимости учета поправок на на-

клон и нестворность укладки рулетки в процессе измерений по ней.

Основными элементами разбивочных работ при возведении зданий и сооружений являются отложение заданных проектом расстояний, построение проектного угла и вынесение в натуру проектных отметок.

Перечисленным разбивочным работам сопутствует ряд элементарных случайных и систематических погрешностей которые, суммируясь (в зависимости от методов и средств измерений), характеризуют действительную точность геодезических построений в процессе возведения здания или сооружения.

При строительстве зданий и сооружений выполняют различного рода разбивочные работы, которые обычно классифицируют в зависимости от назначения и характера исполнения. Кратко характеризуем особенности производств работ на следующих этапах:

земляные работы;

возведение фундаментов, монолитных бетонных каркасов, эстакад и других несборных конструкций;

монтаж стальных и железобетонных конструкций каркаса зданий и сооружений;

монтаж оборудования и механизмов (включая краны, конвейеры, наклонные мосты и др.).

При разбивках для земляных работ определяют и закрепляют на местности контуры или оси котлованов под фундаменты стен, колонн и оборудования, траншей под подземные коммуникации и т. д. При этом требуемая точность угловых построений, если она не оговорена особыми условиями проекта, обычно характеризуется средней квадратической погрешностью  $S_{\beta} = 1'$ , а передачи отметки со строительного репера —  $S_n = 1$  см. Предельная погрешность линейных измерений в относительной мере составляет 1 : 2000, а абсолютная невязка измерений с учетом двусторонней привязки не должна превышать 5 см.

Разбивки осей фундаментов монолитных железобетонных каркасов, эстакад, деревянных, кирпичных и других несборных конструкций выполняют более точно, нежели разбивки для земляных работ. Так, средняя квадратическая погрешность построения угла не должна превышать 20", а средняя квадратическая погрешность передачи отметки — 5 мм. Относительная предельная погрешность линейных измерений при этих разбивках 1 : 3000—1 : 5000. Разумеется, что приведенными характеристиками точности разбивок

следует пользоваться при отсутствии в проекте специальных указаний на этот счет.

*Разбивки для монтажа стальных и сборных железобетонных конструкций каркаса* зданий и сооружений выполняются с точностью, дифференцированной в зависимости от характеристики зданий, сооружений и их конструкций. Предельная погрешность линейных измерений при этом обычно составляет 1 : 5000—1 : 10 000. Средняя квадратическая погрешность построения угла не должна превышать 10", а передачи отметки со строительного репера на конструкции — 2 мм.

*Разбивки для монтажа оборудования и механизмов:* кранов, рольгангов, конвейеров, наклонных мостов и др. — выполняются с точностью, указанной в технических условиях на их монтаж.

В условиях современного промышленного строительства разбивочные работы, являющиеся составной частью технологического процесса, обеспечивают точность соблюдения геометрии возводимых зданий и сооружений. Монтаж конструкций сопровождается инструментальным контролем за соответствием геометрических параметров собранных конструкций проекту и требованиям СНиП. Такие измерения при возведении промышленных зданий приобрели организующую роль в управлении точностью технологических процессов. Разбивочные работы и контрольные измерения должны осуществляться по единому для данного объекта графику (сетевому, календарному), увязанному со сроками монтажных и специальных строительных работ. Геодезические разбивочные работы выполняют в подготовительный период, при перенесении проекта зданий в натуру. Они совместно с контрольными измерениями сопровождают монтаж и выверку конструкций. Измерения сопутствуют исполнительным съемкам, которые являются основой для оформления соответствующей документации по приемке конструкций и сдаче объекта в целом.

Как показала практика возведения инженерных сооружений, для некоторых из них приобретают особую значимость наблюдения за осадками и деформациями, осуществляемые геодезическими средствами и методами.

Одной из организационных задач проблемы повышения эффективности монтажных работ, сокращения сроков возведения зданий и повышения производительности труда является правильная организация геодезического обеспечения строительного производства. Такая работа должна вестись на всех трех этапах строительства: подготовитель-

ном (предпостроечном) периоде, при возведении подземной и наземной частей здания или сооружения. В проекте организации строительства (ПОС) приводят указания по составу, методам и точности создания разбивочной основы.

Основным документом, определяющим организацию работ по монтажу зданий и сооружений из стальных и железобетонных конструкций, является проект производства работ (ППР), в котором согласно СНиП 3.01.01—85 «Организация строительного производства» необходимо также предусматривать схемы размещения знаков для геодезических построений и контроля положения конструкций, указания по точности измерений и перечень рекомендуемых инструментов и приспособлений. При строительстве массовых типовых зданий, так же как и сложных объектов, необходимо проектным или специализированным организациям разрабатывать в составе технической документации проекты производства геодезических работ (ППГР) с целью полной и более четкой организации геодезического обеспечения на всех стадиях строительного производства.

В организационной части проекта рекомендуется устанавливать очередность работ, состав геодезической группы, потребность в материалах и средствах измерений, характер взаимоотношений с генподрядчиком и субподрядчиками, затраты труда на выполнение измерений и сопутствующих им работ. Кроме того, на основе проектных требований к точности выполнения геодезических и монтажных работ в ППГР должны быть указаны вид и точность создания геодезической основы промышленного здания или сооружения, а также схемы расположения и конструкция знаков основы; точность и методы выполнения разбивочных работ, контрольных измерений и производства исполнительных съемок в процессе строительства; точность и методы наблюдения за перемещениями и деформациями объекта в процессе строительства, если это предусмотрено проектом.

Геодезисты монтажных управлений не в состоянии выполнить весь комплекс измерений на строительной площадке, поэтому в настоящее время линейный инженерно-технический персонал, а также бригадиры, занятые на монтажных работах, осуществляют обычно следующие простейшие операции по обеспечению точности возведения зданий и сооружений:

приемку по акту от геодезистов управлений закрепленных в натуре осей зданий, сооружений, трасс, детальные разбивочные промеры, вынос необходимых рабочих разме-



ров и высотных отметок от осей и отметок, закрепленных ранее геодезической службой;

устройство обносок, их ремонт и восстановление;

установку при бетонировании шаблонов, откосников и направляющих по отметкам и осям, вынесенным в натуру геодезистами;

установку опалубки по вынесенным осям и отметкам;

разбивку фундаментных болтов от осей, нанесенных на опалубке геодезистом;

нивелировку для проверки горизонтальности кирпичной кладки, ригелей, балок, фундаментных блоков и других конструкций в процессе монтажа;

выравнивание дна фундаментов стаканного типа по отметке, вынесенной геодезистом, установку маяков под панели;

установку по указанию ИТР геодезической службы закладных металлических частей для нанесения осей и отметок;

вынос монтажных осей и рабочих отметок от осей и отметок, закрепленных знаками геодезической службой;

выверку элементов строительных конструкций в процессе монтажа;

нанесение на колонны, балки, фермы и другие конструкции осевых рисок и отметок в местах, указанных геодезистом;

наблюдение за сохранностью закрепленных в натуре осевых рисок и высотных реперов.

### **31. Выбор средств и рекомендуемые методы измерений**

Вопросы рационального выбора средств и методов измерений, обеспечивающих в сочетании с культурой производства работ проектную точность разбивок, быстроту и удобство измерительных действий при наименьших затратах труда и средств, требуют постоянного совершенствования. Они определяются сложившимися условиями на строительной площадке и требуемой точностью измерений.

Для выполнения разбивок при производстве земляных работ рекомендуются теодолит Т30, нивелир Н-10 с рейкой и рулетка любого класса точности. Эти инструменты, как правило, обеспечивают требуемую точность измерений.

При разбивках осей фундаментов, монолитных железобетонных и других несборных конструкций соблюдение точности их положения и габаритов осуществляют с помо-

щью теодолитов Т15, нивелиров Н-10 с рейками и металлических рулеток.

Для разбивок при монтаже стальных и сборных железобетонных конструкций производственных зданий и инженерных сооружений рекомендуют применять теодолиты с оптическим центриром Т5, нивелиры Н-3 с рейками, металлические рулетки второго класса точности.

Для особо точных разбивок рекомендуют теодолиты Т2, нивелиры Н-05 с штриховыми инварными рейками, металлические рулетки с миллиметровыми делениями первого класса точности, а также специальные приборы типа ПЗЛ-100 и др.

#### *Вопросы для повторения*

- 1. Что понимают под разбивкой зданий и сооружений?*
- 2. Какие оси называют главными, основными, промежуточными?*
- 3. Как закрепляют оси зданий и сооружений?*
- 4. Что показывают на исполнительной схеме разбивки и закрепления осей?*
- 5. Каково назначение детальных разбивок и их особенности?*
- 6. Каковы характеристики точности угловых, линейных и высотных измерений при разбивочных работах для различных зданий?*
- 7. Какая требуется точность измерений при земляных работах, возведении фундаментов, монтаже строительных конструкций?*
- 8. Какие инструменты рекомендуются для выполнения измерений при производстве земляных работ?*
- 9. Какими инструментами следует пользоваться в процессе разбивочных работ при возведении фундаментов?*
- 10. Какие инструменты надлежит применять для измерений при монтаже стальных и железобетонных конструкций?*

## **ГЛАВА VII. КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕННЫХ СБОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МОНТАЖНОЙ ПЛОЩАДКЕ**

### **32. Задачи измерений при приемке конструкций**

Контроль качества поступающих от заводов-изготовителей железобетонных и стальных конструкций (входной контроль) является важным этапом управления общим процессом формирования качества готовой продукции в виде возведенных зданий или других сооружений. При этом в задачу измерений входит выявление и предотвращение поступления на монтажную площадку конструкций, не удовлетворяющих установленным требованиям. Показатели и уровень качества при измерениях характеризуются числом, и это позволяет достоверно оценивать качество принимае-

мых конструкций. Входной контроль состоит из документальной, визуальной и инструментальной проверки качества изготовленных конструкций, крепежных изделий, сварочных материалов и т. п.

При документальной проверке устанавливают наличие сопроводительных документов предприятия-поставщика, подтверждающих соответствие поставленных конструкций и крепежных изделий требованиям рабочих чертежей и стандартов, а также их комплектность. Для стальных конструкций таким документом является сертификат.

Железобетонные стропильные фермы и балки покрытий пролетом 18 м и более, а также колонны, плиты и другие сборные железобетонные элементы при массе каждого из них свыше 10 т снабжают паспортами.

В паспортах, прилагаемых на партию железобетонных элементов или на каждое изделие, указано, что завод-изготовитель гарантирует соответствие качества отпускаемых с данным паспортом изделий всем требованиям ГОСТа или рабочих чертежей и ТУ на изделия.

Визуальной проверке подлежат все конструкции с целью предварительной оценки их состояния и качества. В процессе осмотра выявляют наличие раковин, открытых воздушных пор, наплывов и вмятин на лицевых поверхностях железобетонных изделий. Эти дефекты, как и ржавые пятна на лицевой поверхности железобетонных конструкций, обычно не допускаются, за исключением поверхностей, указанных в табл. VII.1.

При визуальной проверке стальных конструкций определяют наличие отверстий в монтажных соединениях, отсутствие деформаций и вмятин, состояние антикоррозионной защиты и ее соответствие следующим требованиям:

все конструкции должны быть огрунтованы и окрашены на заводе-изготовителе в соответствии с указаниями проекта;

соприкасающиеся плоскости заводских и монтажных соединений, все плоскости узлов и соединений на высокопрочных болтах и поверхности, оговоренные в чертежах, должны быть не огрунтованы и защищены от коррозии;

зоны монтажной сварки на ширину 100 мм по обе стороны от шва должны быть не огрунтованы;

части стальных конструкций, подлежащие обетонированию, должны не иметь грунтовок и быть покрыты цементным молоком;

**VII.1. Предельные отклонения для поверхностей железобетонных изделий, мм**

Вид поверхности изделия	Раковины и воздушные поры		Высота местных наплывов и глубина вмятин
	диаметр	глубина	
Шлифованные	Не допускаются		
Предназначенные под окраску:	Не допускаются		
выходящие внутрь помещений и общественных зданий	3	2	2
выходящие наружу зданий и внутрь помещений производственного назначения	3	2	2
Предназначаемые под оклейку обоями	4	3	Не допускается
Лицевые неотделяемые	6	3	3
Нелицевые (невидимые), не влияющие на качество монтажа	10	5	5

обработанные торцы, передающие усилия, трущиеся поверхности шарниров и других механических деталей, а также поверхности опорных частей должны быть покрыты смазкой, а отверстия для шарниров защищены деревянными заглушками.

Кроме того, сварные швы должны соответствовать следующим требованиям:

иметь гладкую или равномерно-чешуйчатую поверхность (без наплывов, прожогов) и плавный переход к основному металлу;

наплавленный металл должен быть плотным по всей длине, не иметь трещин и дефектов сверх допустимых;

подрезы основного металла допускаются глубиной не более 0,5 мм при толщине стали до 10 мм и не более 1 мм при толщине стали свыше 10 мм;

все кратеры должны быть заварены.

Инструментальный контроль точности при приемке конструкций на объекте направлен на определение соответствия действительного показателя геометрической точности его нормативному значению для изделий и сборных конструкций. В задачу этого контроля входит определение годности поступающих сборных элементов и конструкций и их

приемка. Цель инструментального контроля — получить информацию о точности и налаженности технологических процессов и операций для их оценки и регулирования по показателям геометрической точности.

### 33. Приспособления для контроля размеров сборных элементов и конструкций

За соблюдением геометрии изготавливаемых изделий следит служба технического контроля завода-изготовителя. Однако в практике строительства бывают случаи поступления на объект сборных элементов и конструкций, действительные отклонения размеров которых значительно превышают допустимые. Поэтому перед поступлением на монтаж

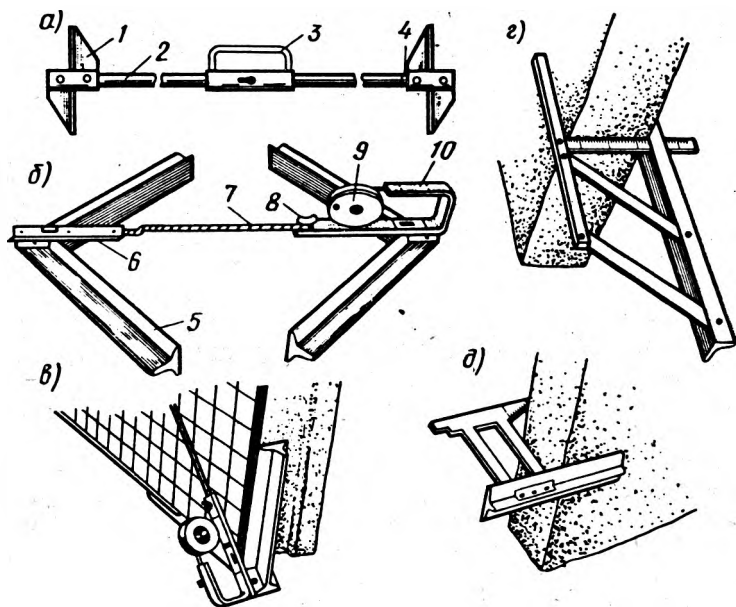


Рис. VII.1. Приспособления для контроля размеров конструкций

*a* — измерительная рейка; *б* — рулетка с концевиками; *в* — установка упора рулетки при измерении диагонали; *г* — измерение раздвижной скобой; *д* — измерение нераздвижной скобой; *1* — неподвижный упор; *2* — внешняя дюралева трубка; *3* — ручка; *4* — выдвигающаяся трубка; *5* — угловой упор; *6* — неподвижный концевик; *7* — полотно рулетки; *8* — стопорный винт; *9* — барабан рулетки; *10* — ручка

**VII.2. Контролируемые параметры и предельные отклонения линейных размеров\* железобетонных изделий**

<i>Контролируемые изделия</i>	<i>По длине, мм</i>
Панели и плиты перекрытий и покрытий, стеновые панели и крупные блоки длиной, м:	
до 6 включительно . . . . .	8
от 6 до 12 включительно . . . . .	10
более 12 . . . . .	15
Фермы, балки, ригели, колонны, длиной, м:	
до 6 включительно . . . . .	6
от 6 до 9 включительно . . . . .	7
от 9 до 18   » . . . . .	10
более 18 . . . . .	20
Опоры и мачты длиной, м:	
до 9 включительно . . . . .	15
более 9 . . . . .	20
Панели, плиты и блоки для подземных конструкций . . . . .	10

\* Предельные отклонения по ширине, толщине и высоте сечения для всех элементов  $\pm 5$  мм.

проверяют размеры и формы сборных элементов. Для этого применяют различные средства измерений (рис. VII.1), выбор которых зависит от типа изделия (объекта контроля), величины контролируемого параметра, допуска на него и, условий измерения. Некоторые из перечисленных показателей для железобетонных конструкций приведены в табл. VII.2, а для стальных конструкций — в табл. VII.3.

*Измерительная рейка* (см. рис. VII.1, а) состоит из двух входящих друг в друга дюралевых трубок 2 и 4, на концах которых имеются упоры. Нанесенная на внутренней выдвигающейся трубке 4 шкала с миллиметровыми делениями служит для отсчета результата измерения линейного размера, выполняемого по концу внешней трубки 2. При этом упоры рейки должны быть прижаты к противоположным граням изделия, размер которого контролируют.

Стальные рулетки с концевиками и упорами (см. рис. VII.1, б) предназначены для проверки линейных размеров строительных конструкций и взаимного положения их поверхностей. Раздвижную (см. рис. VII.1, в) и нераздвижную скобу (см. рис. VII.1, д) применяют для контроля толщины строительных конструкций.

**VII.3. Контролируемые параметры и предельные отклонения от проектных линейных размеров отправочных элементов стальных конструкций**

Технология выполнения операций	Предельные отклонения ( $\pm$ мм) для интервалов размеров, м							
	До 1,5	Свыше 1,5 до 2,5	Свыше 2,5 до 4,5	Свыше 4,5 до 9	Свыше 9 до 15	Свыше 15 до 21	Свыше 21 до 27	Свыше 27
Детали, отправляемые на монтаж (длина и ширина): отрезанные кислородом вручную по наметке отрезанные полуавтоматом по шаблону либо на ножницах по наметке то же, на ножницах на поточных линиях или по упору обработанные на кромкострогальном или фрезерном станке	2,5	3	3,5	4	4,5	5	—	—
	1,5	2	2,5	3	3,5	4	—	—
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	—	—
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	—	—
Габариты отправочных элементов конструкций после окончательного изготовления:								
	3	4	5	7	10	12	14	15
	2	2	3	5	7	8	9	10
размеры (длина, ширина) между фрезерованными поверхностями (после окончательного изготовления)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Расстояние между группами монтажных отверстий (в готовых элементах):								

Технология выполнения операций	Предельные отклонения ( $\pm$ мм) для интервалов размеров, м							
	До 1,5	Свыше 1,5 до 2,5	Свыше 2,5 до 4,5	Свыше 4,5 до 9	Свыше 9 до 15	Свыше 15 до 21	Свыше 21 до 27	Свыше 27
образованных при обработке в отдельных деталях, устанавливаемых на сборке по разметке	3	4	5	7	10	12	14	15
образованных при обработке в отдельных деталях, устанавливаемых на сборке с помощью фиксаторов	2	2	3	5	7	8	9	10
просверленных по кондукторам в изготовленных элементах	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4

На рис. VII.2 показан комплект нестандартных линейно-угловых измерительных инструментов, сконструированных и изготовленных КТБ Мосоргстройматериалы Главмоспромстройматериалов.

*Диагоналемер универсальный УД-1М* предназначен для измерения геометрических параметров железобетонных конструкций. Он прост по конструкции, удобен в эксплуатации, измерения осуществляет один человек с погрешностью  $\pm 1$  мм.

Для измерения длины стальных арматурных стержней с погрешностью  $\pm 1$  мм предназначено приспособление ИД-1. Для выполнения измерения достаточно одного исполнителя.

*Штангенциркуль с нестандартным приспособлением* предназначен для контроля с необходимой точностью межцентрового расстояния между выпусками арматуры.

*Штангенциркуль с удлиненными губками* удобно применять для контроля толщины плитных конструкций с диапазоном измерения до 400 мм.

Измерение толщины изделий и конструкций с погрешностью  $\pm 0,5$  мм можно выполнить скобой измерительной СНТ-1.



## 34. Средства для контроля формы сборных строительных конструкций

Контрольно-измерительные средства для проверки формы конструкций и взаимного положения их плоскостей выбирают с учетом типа изделия, величины контролируемого параметра и требуемой точности измерений, зависящей от величины допуска на изготовление изделий.

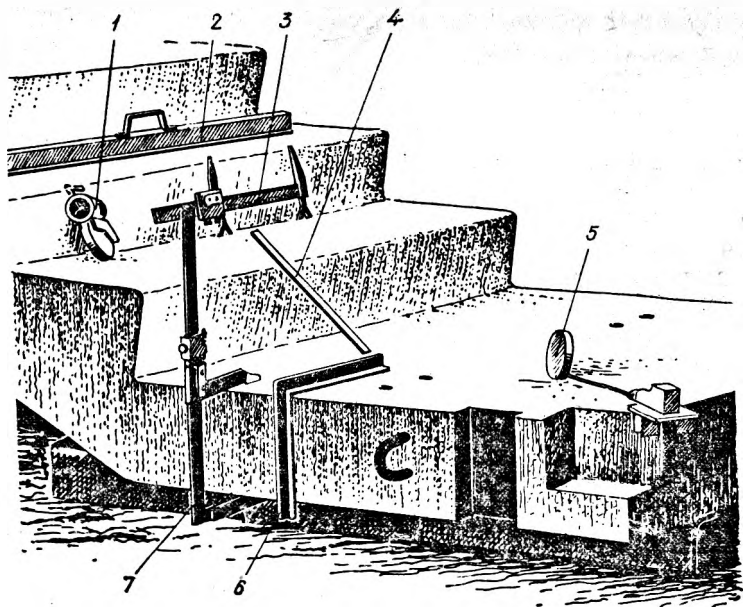
Для контроля перпендикулярности смежных поверхностей изделий широко применяют *угольники*. Так, для контроля прямых углов изделий КТБ Мосоргстройматериалы изготавливают из алюминиевого профиля угольник поверочный УО-1, который по сравнению с типовыми угольниками, выпускаемыми промышленностью, имеет меньшие металлоемкость и трудоемкость при изготовлении. Для крупноразмерных сборных элементов перпендикулярность их поверхностей допускается проверять измерением длин диагоналей диагоналемерами, разность длин не должна превышать установленных пределов.

Для измерения непрямолинейности поверхности изделий и конструкций используют контрольные рейки с набором пластин-щупов, вставляемых в просвет между поверхностью изделия и контрольной рейкой.

На рис. VII.2 показана рейка контрольная типа РК, сконструированная в КТБ Мосоргстройматериалы. Габариты ее  $200 \times 155 \times 50$ , она проста и удобна в работе, погрешность измерений 0,5 мм. В этом же КТБ предложен измерительный прибор ИН-2, с помощью которого измеряют отклонения граней поясов балок от вертикальной плоскости. Прибор состоит из двух металлических раздвижных трубочин с натянутой посредством барабана между ними капроновой леской диаметром 1,5 мм.

Для измерения притупленности (скола) углов изделий и конструкций можно использовать измерительный прибор УП-2, представляющий собой металлический угольник с вмонтированным индикатором часового типа. При измерении прибор накладывают на угол изделия в месте скола. Пальцем нажимают на измерительный стержень до тех пор, пока его наконечник не коснется изделия. По циферблату индикатора отсчитывают величину скола угла изделия. Погрешность измерения около  $\pm 0,1$  мм.

Для измерения глубины раковин в железобетонных изделиях и конструкциях можно применять разработанный



**Рис. VII.2. Комплект нестандартных линейно-угловых измерительных инструментов конструкции и изготовления КТБ Мосоргстройматериалов Главмоспромстройматериалов**

1 — измеритель длины арматуры ИД-1; 2 — рейка контрольная типа РК; 3 — штангенциркуль с нестандартным приспособлением; 4 — измерительная линейка; 5 — диагональный измеритель; 6 — угольник УО-1; 7 — штангенциркуль с удлинительными губками

в КТБ Мосоргстройматериалов измерительный прибор ТИ-1 снабженный индикатором часового типа. При измерении прибор устанавливают на поверхности изделия так, чтобы при нажатии на измерительный стержень его наконечник (игла) коснулся самой глубокой точки измеряемой раковины. Отсчет, взятый по шкале индикатора, будет характеризовать глубину раковины.

В табл. VII.4 приведены данные, необходимые для контроля формы и взаимного положения поверхностей железобетонных изделий.

Кроме того, контролируют положение стальных закладных деталей, не служащих фиксаторами при монтаже. Отклонение их от проектного положения в плоскости изделия не должно превышать для ферм, колонн, балок и ригелей 5 мм. Предельное отклонение закладных деталей из плоскости железобетонных изделий — 3 мм.

#### VII.4. Контролируемые параметры и предельные отклонения формы железобетонных изделий

Контролируемое изделие	Наименование параметров	Номинальные значения, мм	Предельные отклонения, ±мм	
			изготовления	измерения
Панели из легких бетонов на пористых заполнителях для наружных стен производственных зданий	Размеры длин диагоналей	До 9000	10	4
		Св. 9000	12	5
	Неплоскостность	До 9000	6	2
		Св. 9000	10	4
Панели внутренних стен и блоки вентиляционные бетонные и железобетонные	Разность длин диагоналей	Не ограничен	10	4
Панели гипсобетонные для перегородок	Разность длин диагоналей	До 4000	13	5
		Св. 4000	16	6
	Непрямолинейность на всю длину	До 4000	5	2
		Св. 4000	8	3
	Неплоскостность	До 4000×	5	2
		×до 2500		
	Неплоскостность	До 4000×	8	3
		×св. 2500		
	Неплоскостность	Св. 4000	8	3
		до 2500		
	Неплоскостность	Св. 4000	8	3
		Св. 2500		
Плиты железобетонные ребристые предварительно напряженные размерами 6×3 м для покрытий производственных зданий	Неплоскостность	—	±8	3
Плиты железобетонные ребристые для перекрытий производственных зданий с шагом несущих конструкций 6 м	Разность длин диагоналей	—	16	6
		Неплоскостность		
	Неплоскостность	1500	8	3
		3000	10	4
Панели железобетонные многпустотные для перекрытий зданий и сооружений	Непрямолинейность профиля боковых граней по всей длине панели	До 8000	8	3
		Св. 8000	12	4

Контролируемое изделие	Наименование параметров	Номинальные значения, мм	Предельные отклонения, ±мм	
			изготовления	измерения
Фермы стропильные железобетонные безраскосные для пролетов 18 и 24 м	Неплоскостность	До 8000 Св. 8000	8 13	3 4
	Непрямолинейность	17 940	35	10
		23 940	45	14
	Балки стропильные железобетонные предварительно напряженные для пролетов 12 м	Непрямолинейность	—	24
Ригели железобетонные для зданий	Непрямолинейность	До 2500	3	1
		Св. 2500	5	2
		до 4500	9	3
		Св. 4500		
до 9000	15	6		
Св. 9000				
		до 15 000		

Контролируемые параметры и предельные отклонения формы стальных конструкций и деталей приведены в табл. VII.5.

Оцинкованный профилированный лист должен удовлетворять следующим требованиям:

допуск на длину + 30 мм;

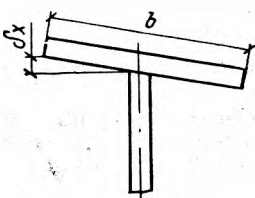
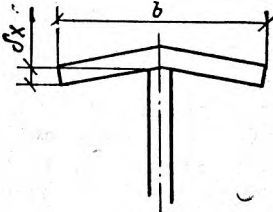
ребровая кривизна профилей (серповидность) не должна превышать 1 мм на 1 м длины;

окручивание профилей вокруг продольной оси не должно превышать 1,5 мм на 1 м длины (при контроле округивания производят замеры между горизонтальной плоскостью и боковыми кромками на концах профилей по диагонали);

на плоских участках гофрированных профилей допускается волнистость и коробление не более 2 мм и, как исключение, допускается изгиб не более 5 мм, а шаг волны не менее 300 мм;

профили должны быть обрезаны под прямым углом, а косина реза не должна превышать 5 мм на ширину профиля;

## VII.5. Контроль геометрической формы отправочных элементов

Контролируемый параметр	Предельные отклонения, ± мм
<p><i>Искривление деталей:</i></p> <p>зазор между листом и стальной линейкой длиной 1 м</p> <p>зазор между натянутой струной и обушком уголка, полкой или стенкой швеллера и двутавра при длине элемента <math>L</math></p>	<p>1,5</p> <p><math>0,001 L</math>, но не более 10</p>
<p><i>Отклонение линий кромок листовых деталей от теоретического очертания:</i></p> <p>при сварке встык</p> <p>то же, внахлесту, в тавр и в угол</p>	<p>2</p> <p>5</p>
<p><i>Деформация отправочных элементов:</i></p> <p>перекос полок <math>b \times</math> элементов таврового и двутаврового сечения в стыках и в местах примыканий (<math>b</math> — ширина полки, мм)</p>	<p><math>0,005 b</math></p> 
<p>то же, в прочих местах</p> <p>грибовидность полок <math>b \times</math> элементов таврового и двутаврового сечений в стыках и местах примыканий</p>	<p><math>0,01 b</math></p> <p><math>0,005 b</math></p> 
<p>то же, в прочих местах</p> <p>перекос и грибовидность полок верхних поясов подкрановых балок</p>	<p><math>0,01 b</math></p> <p><math>0,005 b</math></p>

Контролируемый параметр	Предельные отклонения, ± мм
винтообразность элементов при длине элемента $L$ выпучивание стенки (высотой $h$ ) подкрановых балок стрела прогиба элемента длиной $L$	0,001 $L$ , но не более 10 0,003 $h$ 1/750 $L$
<i>Разные:</i> смещение осей элементов в решетчатых конструкциях от проектного положения тангенс угла отклонения от проектного положения фрезерованной поверхности	3 1/1500

на поверхности профилей не допускаются отслоения, трещины и другие дефекты, нарушающие сплошность оцинкованного покрытия.

### 35. Способы и точность измерений

Контрольной проверке линейных размеров и формы конструкций подлежит выборочно 5 % каждой партии поступающих изделий, но не менее трех изделий каждой марки. Если общее количество поступающих изделий менее 10 единиц, достаточно проконтролировать одно изделие. Требуемое количество единиц продукции отбирается для проверки в случайном порядке, не отдавая предпочтения ни одной из них по внешнему виду.

В строительном производстве используют разнообразные контрольно-измерительные инструменты. Выбор их обусловлен областью их применения, точностью измерений и другими эксплуатационными характеристиками.

Пределы допускаемых погрешностей измерения  $\delta x_{\text{изм}}$  не должны превышать 40 % предельного отклонения размера на изготовление конструкций, т. е.  $\delta x_{\text{изм}} < 0,4 \delta x$ , если необходимая точность измерений не оговорена специально в нормативно-технической документации.

Технический уровень средств и методов измерений, сопровождающих приемку и установку сборных элементов,

в значительной мере определяет качество самого монтажа зданий и сооружений.

**Проверка размеров и формы строительных конструкций.** Размеры изделий проверяют металлическими измерительными линейками ГОСТ 427—75, рулетками 2-го класса типа РС ГОСТ 7502—80, штангенциркулями ГОСТ 166—80, а также специальными металлическими калибрами и скобами с погрешностью отсчета 1 мм. При этом действительные отклонения от проектных размеров определяют по зависимости (II.1).

Размеры, для которых установлены предельные отклонения, проверяют не менее чем в трех местах, расположенных в середине и вблизи от краев изделия. При этом в местах соприкосновения измерительного инструмента с поверхностью бетона по возможности устраняют наплывы и другие дефекты.

Контрольные измерения рулеткой выполняются обычно двумя операторами без каких-либо приспособлений, что не позволяет прочно закрепить рулетку и избежать погрешностей, вызванных околами углов и скосами граней железобетонных изделий. Чтобы уменьшить влияние этих погрешностей, рекомендуется при измерениях применять рулетки со специальными приспособлениями в виде угольников, упоров и т. д. При этом измерения может производить один оператор, как показано на рис. VII.1 и VII.2.

Применение угольников позволяет прочно закрепить рулетки и уменьшить погрешности, вызванные околами углов и скосами граней.

Толщину изделий лучше измерять штангенциркулем, как это показано на рис. VII.2. Габариты железобетонных изделий рекомендуется измерять в местах, определяющих качество сопряжений конструкций (рис. VII.3). При этом выполненные замеры 1—1, 2—2, 3—3 будут характеризовать высоту изделия и параллельность граней, образующих горизонтальный шов.

Ширина (длина) изделий и параллельность граней, образующих вертикальный шов, определяются замерами 4—4, 5—5, 6—6.

Замеры 7—7 и 8—8 характеризуют длину диагоналей, разность которых показывает величину перекосов плоскости, являющихся причиной образования клиновидных швов при установке конструкций. Замеры 1—1' и 3—3' характеризуют толщину изделия.

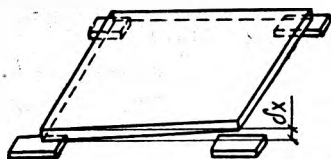
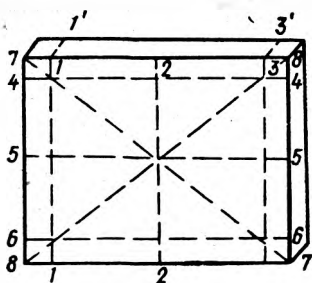


Рис. VII.4. Определение неплоскостности бетонных и железобетонных изделий

Рис. VII.3. Схема измерений размеров изделия

Результаты измерений записывают в виде величины контролируемого параметра  $x_i$  или отклонения его  $\delta x_i = x_i - x_{\text{ном}}$  от номинального значения  $x_{\text{ном}}$ . Проверку изделий на соблюдение размеров рекомендуется производить на специально оборудованных постах, обеспечивающих удобство и надежность производства измерений. Для этого следует устанавливать изделия на подкладках толщиной 100—150 мм, что обеспечивает свободный доступ к измеряемым граням.

Неплоскостность панелей и плит перекрытий и покрытий, характеризуемую отклонением  $\delta x$ , измеряют в горизонтальном положении:

на четырех опорах (рис. VII.4), расположенных в одной плоскости;

на двух опорах, расположенных в одной плоскости по всей ширине изделия поперек рабочего пролета;

на поперочной плите, в соответствии со схемой опирания изделия в здании или сооружении.

Неплоскостность стеновых панелей проверяют на образцах изделий, установленных в вертикальном положении.

Непрямолинейность поверхности (рис. VII.5) определяют измерением наибольшего зазора между ребром контрольной металлической двухметровой рейки и проверяемой поверхностью изделия.

Выпуклость поверхности, являющуюся разновидностью непрямолинейности, измеряют при таком положении рейки (см. рис. VII.5, б), когда расстояния  $\delta x_1$  и  $\delta x_2$  от ее концов до проверяемой поверхности равны или отличаются между собой не более чем на 1 мм.

Отклонения стальных закладных деталей от проектного положения в плоскости и из плоскости изделия измеряют металлической измерительной линейкой.





Рис. VII.5. Определение непрямолинейности изделий: волнистости (а), выпуклости (б)

1 — поверхность изделий; 2 — рейка контрольная

Отклонения граней поясов ферм и балок от вертикальной плоскости проверяют, измеряя металлической линейкой наибольший зазор между струной (шнуром), натянутой между концами или опорами изделия, и проверяемой гранью. Рекомендуется применять приборы типа ИН-2. При измерении к торцу балки или фермы крепят струбцину с закрепленной струной без натяжного барабана. Затем берут вторую струбцину и при отжатой пружинной защелке переносят храповик к противоположному торцу балки, закрепляют и производят натяжение струны. Отклонение грани конструкции от струны измеряют металлической линейкой. Размеры раковин и оков на изделиях проверяют металлическими измерительными линейками или специальными калибрами.

Внешний вид изделий и качество лицевых поверхностей, наличие монтажных петель, закладных деталей и выпусков арматуры проверяют наружным осмотром.

Ширину трещин измеряют с погрешностью 0,05 мм с помощью микроскопа с измерительной шкалой или измерительной лупы.

Нарушением геометрии изделий считается превышение измеренного значения контролируемого параметра над установленным проектом его максимальным  $x_{\max}$  или минимальным  $x_{\min}$  размером на величину, большую погрешности измерения.

#### Вопросы для повторения

1. Какие задачи ставятся перед измерениями при приемке конструкций?
2. Что подлежит визуальной проверке при приемке конструкций?
3. Какие параметры проверяют инструментально при приемке конструкций?
4. От чего зависит выбор средств измерений при приемочном контроле?

5. *Какие инструменты и приспособления применяют при контроле размеров, поступающих на объект конструкций?*
6. *Какие параметры линейных размеров изделий контролируют при приемке и каковы предельные отклонения на них?*
7. *Какие технические средства используют при приемочном контроле формы строительных конструкций?*
8. *Что такое неплоскостность изделий, чем и как ее проверяют?*
9. *Что характеризует разность длин диагоналей и какие изделия контролируют по этому параметру?*
10. *Что характеризует непрямолинейность и как ее проверяют у стропильных ферм и балок?*
11. *По каким параметрам контролируют искривление деталей отправочных элементов?*
12. *Какие деформации отправочных элементов подлежат контролю?*
13. *Какая связь точности контрольных измерений с допуском на изготовление?*
14. *В каких местах рекомендуется производить замеры размеров изделий?*

## **ГЛАВА VIII. ДОПУСКИ НА ПРИЕМКУ ФУНДАМЕНТОВ**

### **36. Требования к размерам и форме возведенных фундаментов**

Монтаж надземной части производственных зданий ведут, как правило, силами специализированных организаций, работающих на субподряде у строительных организаций.

Монтажные работы на каждом объекте разрешается начинать только после готовности строительной площадки для производства монтажных работ, о чем составляется соответствующий акт, подписываемый представителями заказчика строительной и монтажной организаций. Для этого должны быть выполнены внутриплощадочные подготовительные работы. В соответствии с направленностью курса ограничимся рассмотрением готовности строительной площадки только в отношении разбивочных осей и реперов, а также фундаментов под монтируемые конструкции всего здания, сооружения или его пространственно-жесткой секции.

Фундаменты как несущие элементы зданий и сооружений воспринимают от них нагрузки и передают эти нагрузки на основание. Поэтому выбор типов фундаментов обусловлен конструкцией зданий или сооружений, величиной воспринимаемых нагрузок и несущей способностью грунтов.

При этом фундамент должен быть прочным, устойчивым — это общее и основное требование к фундаментам.

На стадии сдачи-приемки работ по возведению нулевого цикла важно обеспечить преемственность работ и готовность строительной площадки для производства монтажа, в частности условий по дальнейшему соблюдению геометрических параметров зданий или сооружений.

Поскольку в качестве основы для выполнения измерений при установке конструкций обычно используют разбивочные оси и линии, им параллельные (параллели), а также реперы и марки, то монтажная организация должна принять от генподрядчика по акту знаки, закрепляющие основные оси здания, марки и реперы. К акту должен быть приложен один из трех имеющихся у генподрядчика исполнительных чертежей (схем) разбивки и закрепления осей здания и рабочих реперов (см. рис. VI.3).

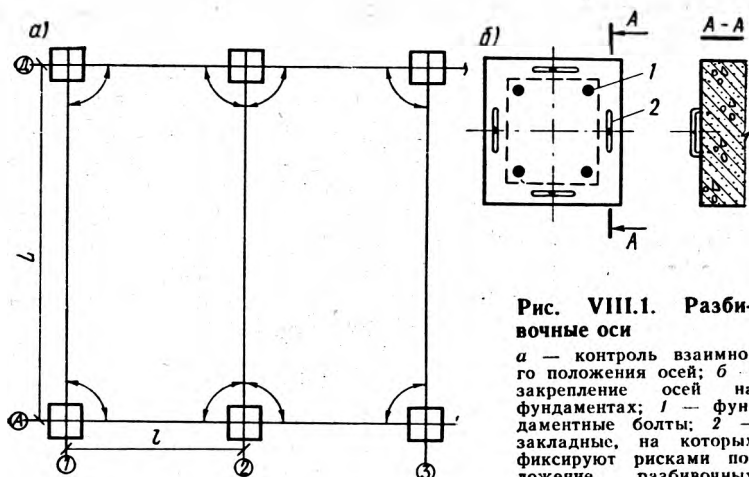
Кроме того, генподрядчик обязан сдать монтажной организации все вынесенные на фундаменты разбивочные оси, закрепление которых должно осуществляться знаками, расположенными вне контура опирания конструкций.

Оси на фундаментах рекомендуется закреплять рисками на забетонированных по их краям стальных скобах или штырях, а на опорных плитах колонн — кернением, что обеспечит простоту центрирования устанавливаемых теодолитов и визирных целей.

Для удобства визирования зрительной трубой разбивочные оси здания следует закреплять откраской в виде рисок на колоннах или стенах ранее возведенных зданий.

Закрепленные и принятые от генподрядчика оси служат основой для приемки самих фундаментов и в дальнейшем используются при производстве разбивочных работ, выверке и контроле положения устанавливаемых конструкций. Поэтому рекомендуется выполнять контроль взаимного положения вынесенных на фундаменты основных и промежуточных разбивочных осей путем измерения прямых углов, образованных осями прямоугольников, а также линейными промерами их сторон  $l$  и  $L$  и диагоналей (рис. VIII.1). При этом отклонения углов между разбивочными осями от их проектных значений не должны превышать  $10''$ , а расстояния между смежными осями — предельных значений, нормируемых главами СНиП.

Предельные отклонения  $\delta x$  взаимного положения разбивочных осей установлены в зависимости от интервала номинальных размеров  $L$  (м) между ними:



**Рис. VIII.1. Разбивочные оси**

*a* — контроль взаимного положения осей; *б* — закрепление осей на фундаментах; 1 — фундаментные болты; 2 — закладные, на которых фиксируют рисками положение разбивочных осей

<i>L</i> , м . . . . .	До 8	8—16	16—25	25—40
$\delta x$ , ± мм . . . . .	2	3	5	8

Фундаменты должны быть приняты монтажной организацией по акту с обязательным приложением исполнительной геодезической схемы, составленной генподрядчиком (рис. VIII.2).

Для выявления фактического расположения частей фундамента и фундаментных болтов относительно разбивочных осей и реперов исполнительную съемку следует производить после распалубки фундамента. При этом расстояния от центра фундаментных болтов до разбивочных осей, отметки верха фундаментов и верха фундаментных болтов необходимо измерять с погрешностью до 2 мм.

В процессе приемки фундаментов под монтаж колонн их проверяют на удовлетворение ряду требований. Для фундаментных болтов под стальные колонны предельные отклонения их положения ограничены следующими величинами, мм:

- отметки верхнего торца + 20 (−0) мм;
- длина нарезки + 30 (−0) мм;

Смещения фундаментных болтов в плане ограничены следующими предельными отклонениями, мм:

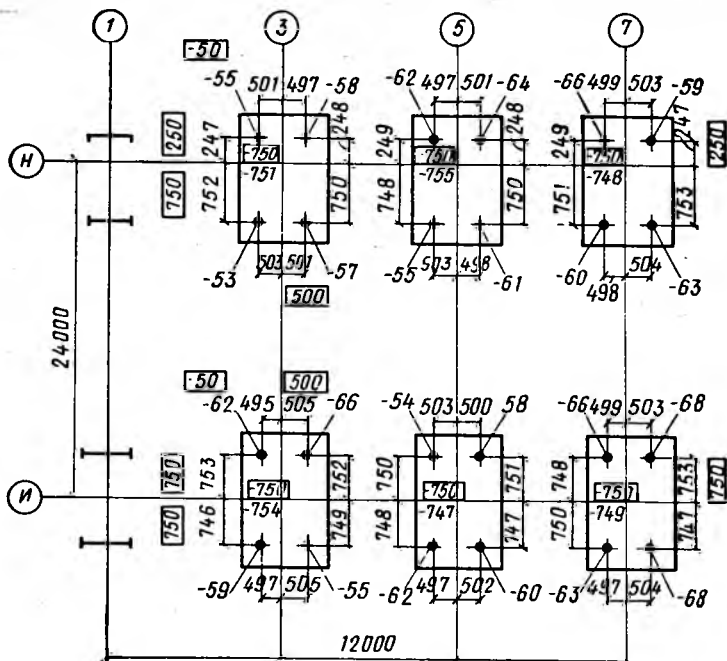


Рис. VIII.2. Исполнительная схема положения фундаментных болтов и опорной поверхности фундамента (для стальных колонн цифры у стрелок показывают положение фундаментных болтов относительно разбивочных осей; цифры у выносных линий — отметки верха болтов и поверхности фундамента; в рамках указаны проектные значения)

при расположении болтов внутри контура опоры конструкций  $\pm 5$ ;

при расположении болтов вне контура опоры конструкций  $\pm 10$ .

Поверхность фундамента, возведенную до проектной отметки подошвы колонн, регламентируют следующими предельными отклонениями, мм:

отметка фундамента и низа опорной плиты  $\pm 5$ ;

разность отметок опорных поверхностей плит и фундаментов соседних колонн по ряду и в пролете 3 мм;

уклон поверхности фундамента, возведенной до проектной отметки, 0,00067 (1/1500).

При приемке фундаментов под сборные железобетонные колонны также проверяют их геометрию. При этом действи-

тельные отклонения внутренних размеров (длину, ширину) стаканов фундаментов ограничивают следующими предельными отклонениями: для одноэтажных зданий + 20; для многоэтажных + 15 мм.

Смещение осей стаканов фундаментов относительно разбивочных осей не должно превышать установленного предельного отклонения  $\pm 10$  мм.

Действительные отклонения отметок фундамента ограничивают предельными отклонениями: дна стакана — 20; верхних опорных поверхностей — 10 мм.

Приемку фундаментов надлежит производить комиссиям из представителей генподрядчика, субподрядчика и заказчика в следующем порядке:

на объектах с массой монтируемых стальных конструкций до 300 т — после возведения всех фундаментов с включением в комиссию мастеров или производителей работ;

на объектах с массой монтируемых стальных конструкций свыше 300 до 1000 т — после возведения фундаментов части зданий в пределах температурного блока с участием начальников участков;

на объектах с массой монтируемых стальных конструкций более 1000 т — после возведения фундаментов части здания в объеме и очередности, согласованных генподрядчиком и субподрядчиком монтажной организации с участием главных инженеров управлений.

### **37. Выбор средств и методов измерений**

Строительная ситуация на объекте при приемке фундаментов, их размеры и положение, подлежащие контролю, а также требуемая точность измерений, зависящая от допусков на устройство фундаментов, обязывают монтажников правильно выбирать методы и средства измерений.

Приемку фундаментов осуществляют на основе проверки данных инструментальной съемки. Допущенные погрешности размеров и формы при возведении фундамента могут привести к нарушению его устойчивости и затруднить качественное выполнение последующих монтажных работ. Поэтому для выявления фактического расположения закладных частей и определения положения фундаментов, включая размеры и отметки отдельных деталей, производят съемку и контрольные измерения при приемке.

В процессе приемки мастер совместно с геодезистом проверяет правильность вынесения и закрепления разбивочных

осей на фундаменты и наличие исполнительной схемы на фундаменты и фундаментные болты. Самостоятельно мастер проверяет путем непосредственных замеров измерительной линейкой или складным метром фундаментные болты на соответствие их проекту по длине и величине нарезки. Далее геодезист совместно с прорабом проверяет путем контрольных измерений правильность результатов съемки, отраженных на исполнительной схеме. Для этого от продольных и поперечных осей непосредственными промерами рулеткой измеряют расстояния до фундаментных болтов и от закладных частей до граней бетона, выступов, проемов.

Контроль планового положения фундаментных болтов можно выполнять с помощью теодолита и нивелирных реек или линеек с миллиметровыми делениями. При этом зрительную трубу теодолита, установленного на разбивочной оси, направляют по осевому створу, а по вертикальной нити берут отсчеты по линейке, которая должна прикладываться нулевым делением к центрам фундаментных болтов и располагаться перпендикулярно линии визирования. Разность между полученным отсчетом и проектной величиной и будет характеризовать величину действительного отклонения установленных болтов или других закладных частей фундамента от проектного положения.

У фундаментов под сборные железобетонные колонны проверяют непосредственными промерами рулеткой или измерительной линейкой длину и ширину стаканов, а также смещение осей стаканов фундаментов относительно разбивочных осей. Для таких измерений можно воспользоваться теодолитом и измерительной линейкой, как это описано применительно к фундаментным болтам.

Качество возведения фундаментов по высоте проверяют геометрическим нивелированием. С этой целью определяют отметки дна стаканов и верхних опорных поверхностей фундаментов. У фундаментов под стальные колонны определяют и отметки верхнего торца фундаментных болтов. У фундаментов стен проверяют положение в плане и по высоте всех оставленных отверстий для вводов коммуникаций. Полученные в результате измерений фактические геометрические параметры возведенных фундаментов сравнивают с проектными и определяют действительные отклонения, которые по своей величине не должны превышать предельных отклонений, приведенных в табл. VIII.1.

При наличии недопустимых отклонений организация, возводившая фундаменты, обязана исправить и устранить

### VIII.1. Предельные отклонения при приемке фундаментов под монтаж и при измерениях

Контролируемые параметры	Предельные отклонения, мм	
	при приемке $\delta x$	при измерениях $\delta x_{изм}$
Основные размеры в плане (длина, ширина)	$\pm 30$	12
Отметки верхней поверхности фундамента без учета высоты подливки	-30	6
Размеры в плане:		
уступы	-20	5
колодцы (для фундаментных болтов)	+20	5
Привязочные размеры продольных и поперечных осей фундаментов и колодцев (для болтов)	$\pm 20$	8
Отметки уступов в выемках и колодцах	-20	5
Оси фундаментных болтов в плане	$\pm 5$	2
Оси закладных анкерных устройств в плане	$\pm 10$	4
Отметки верхних торцов фундаментных болтов	$\pm 20$	6
Оси колодцев для фундаментных болтов по вертикали	5 мм на 1 м	2

Примечание. Погрешности  $\delta x_{изм}$  контрольных измерений являются величинами рекомендуемыми.

допущенные дефекты. Соответствие размеров, поверхностей фундаментов, фундаментных болтов и других закладных частей проекту в пределах нормативных требований отражают в акте приемки-сдачи фундаментов. К подписанному обеими сторонами акту приемки фундаментов прилагают исполнительную схему.

### 38. Оформление результатов контроля и приемки геометрических параметров фундаментов

Поскольку от точности выполнения работ по устройству фундаментов во многом зависит точность возведения всего каркаса здания, то до монтажа колонн проверяют качество возведения фундаментов. С этой целью строительная организация, возводившая фундаменты, выполняет планово-высотную исполнительную съемку фундаментов, по результатам которой составляется исполнительная геодезическая схема, которая является основным документом при приемке фундаментов. На исполнительной геодезической схеме



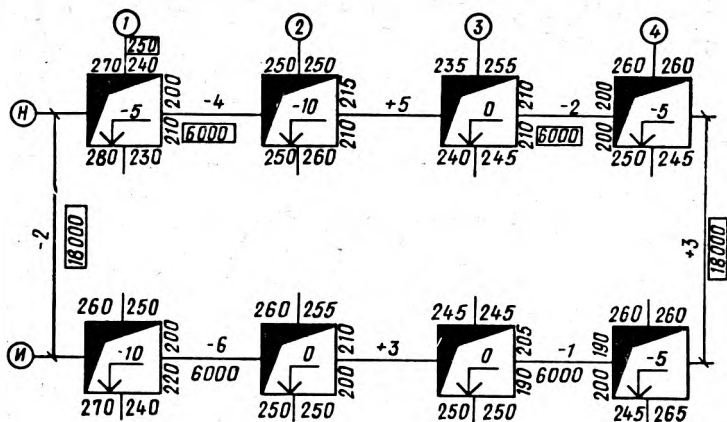


Рис. VIII.3. Исполнительный чертеж плано-высотного положения стаканов фундаментов под железобетонные колонны

объективно должны быть указаны действительные отклонения геометрических параметров возведенных фундаментов от их проектных величин. Поэтому при приемке фундаментов очень важно установить достоверность данных, отраженных на исполнительной геодезической схеме, путем выполнения контрольных измерений. Одновременно с этим следят, чтобы данные исполнительной схемы и результаты контрольных измерений удовлетворяли нормативным требованиям, предъявляемым к геометрии возведенных фундаментов. Особенно важно своевременное и достоверное выполнение исполнительной съемки при производстве скрытых строительных работ, связанных, в частности, с устройством фундаментов. При этом определяют положение возведенного фундамента и его частей в плане и по высоте.

На исполнительной схеме стаканов фундаментов под железобетонные колонны, показанной на рис. VIII.3, цифрами в рамках даны проектные величины, а рядом с ними действительные отклонения. Цифры у граней стаканов показывают расстояние от них до разбивочных осей. У указателей отметки показаны действительные отклонения дна стакана фундаментов. При этом знак плюс свидетельствует о завышении, а минус — о занижении дна стаканов фундаментов относительно проектного положения.

Исполнительные схемы при приемке фундаментов являются юридическим документом, свидетельствующим о пра-

вильности планового и высотного положения возведенных фундаментов и их частей, а также подтверждающим фактически выполненный объем строительных работ. Начальник или главный инженер управления лично проверяет инженерную готовность строительной площадки к монтажу конструкций и дает письменное разрешение на производство монтажных работ.

Форма акта приемки готовности строительной площадки для производства работ по монтажу строительных конструкций приводится в СНиП. Этот акт составляют и подписывают члены комиссии в составе: заказчика, генподрядчика и монтажной организации. В случае представления строительной организацией неправильно составленной исполнительной схемы, не отвечающей предъявляемым требованиям по достоверности отображенных на ней данных и не соответствующей проекту, проверяющие составляют об этом акт. Такие фундаменты до устранения выявленных недостатков не должны приниматься для последующего монтажа конструкций.

#### *Вопросы для повторения*

- 1. Как закрепляют разбивочные оси на фундаментах?*
- 2. Что и как измеряют при контроле взаимного положения вынесенных на фундаменты разбивочных осей?*
- 3. Кто принимает участие в сдаче-приемке фундаментов и какая документация предъявляется?*
- 4. Основные требования, предъявляемые к фундаментам.*
- 5. Контролируемые параметры и допуски на них при приемке фундаментов под стальные колонны.*
- 6. Контролируемые параметры и допуски на них при приемке фундаментов под железобетонные колонны.*
- 7. Как и чем контролируют размеры фундаментов и их закладных частей?*
- 8. Как и чем контролируют высотное положение отдельных частей фундаментов?*
- 9. Каковы задачи исполнительной съемки фундаментов?*
- 10. Как составляют исполнительные схемы планово-высотного положения фундаментов?*

### **39. Расчет требуемой точности измерений при установке конструкций**

Для обеспечения нормальной работы конструкций при эксплуатации зданий и сооружений в процессе монтажа их устанавливают в соответствии с требованиями СНиП или проекта. Монтажу сопутствуют специальные измерения, являющиеся основой детальных разбивок и выверки устанавливаемых конструкций. При этом стремятся, чтобы продолжительность таких измерений в процессе установки конструкций была минимальной и обеспечивала бесперебойную работу монтажников. С этой целью часть измерений, которые могут быть выполнены до установки сборных элементов, следует делать заблаговременно. Методы и точность выполнения измерений при установке конструкций должны обеспечить расположение их согласно проекту с отклонениями, не превышающими установленных допусков на монтаж.

Действительные отклонения смонтированных конструкций и элементов от их проектного положения при возведении зданий и сооружений допускаются в пределах, не влияющих на их прочностные, эксплуатационно-технические характеристики. Кроме того, установленные нормативными документами пределы действительных отклонений по величине (допуски) должны учитывать эстетические требования, предъявляемые к общему виду здания или инженерного сооружения.

*Сопоставление фактически допущенных в процессе монтажа отклонений с нормативными (установленными СНиП и проектом) является оценкой качества выполненных работ.*

Детальные разбивочные работы являются составной частью монтажного процесса, и точность их должна находиться в соответствии с установленными допусками на монтаж. Практика показывает, что нередко случаи, когда отклонения в положении конструкций во много раз превышают допуски на монтаж, ибо как процесс изготовления конструкций, так и существующие методы монтажа не могут обеспечить установленные допуском пределы. Поэтому часто при замыкании конструкции монтажники вынужденно смещают замыкающий элемент, сводя на нет точно произведенную детальную разбивку. Подгонка конструкций вызывает удорожание строительства и может привести к несо-

падению закладных частей, что создает дополнительные трудности монтажа или даже появление не предусмотренных проектом эксцентриситетов усилий, отрицательно влияющих на прочностные характеристики здания или сооружения.

Поскольку допуск  $\Delta x = x_{\max} - x_{\min}$  представляет собой нормированную величину, устанавливающую пределы накоплений погрешностей различных операций, то в теории допусков на монтажные работы важное значение приобретает регламентация составляющих погрешностей на отдельные технологические операции при изготовлении и монтаже строительных конструкций, а также при разбивочных работах.

Следует иметь в виду, что при заданном допуске  $\Delta x$  симметричное предельное отклонение равно его половине  $\delta x = \dots \Delta x/2$ . Среднее же квадратическое отклонение характеризуется зависимостью  $\sigma = \delta x/3 = \Delta x/6$  с принятой для расчета точности вероятностью  $P = 0,9973$ . Следует отметить, что в большинстве нормативных документов установлены общие допуски на положение конструкций в каркасе здания или сооружения без выделения в них доли — величины отклонений на измерения. В этих случаях можно рекомендовать, чтобы погрешность  $\sigma_{\text{изм}}$  измерений (как при разбивке, так и при контроле) не превышала половины суммарной погрешности в положении конструкции, т. е.  $\sigma_{\text{изм}} \leq \sigma/2$ .

Поскольку в СНиПах и ГОСТах приводятся не средние квадратические отклонения  $\sigma$ , а предельные отклонения  $\delta x$ , то, используя зависимость (II.7), получим значение среднего квадратического отклонения измерений:

$$\sigma_{\text{изм}} \leq \sigma/2 = \delta x/6 \text{ или } \sigma_{\text{изм}} \leq 0,17\delta x.$$

Следовательно, средняя квадратическая погрешность разбивочных работ или контрольных измерений при установке конструкций не должна превышать 17 % предельного отклонения  $\delta x$  в положении этих конструкций.

Металлические конструкции должны быть смонтированы в соответствии с чертежами КМД (конструкции металлические, деталировка) с соблюдением требований СНиП. О качестве монтажа конструкций судят по результатам производственного контроля качества, входящего в обязанность монтажной организации. Действительные отклонения в положении смонтированных конструкций не должны превышать предельных отклонений, установленных для металлических и железобетонных конструкций строительными нор-

мами и правилами. Отклонения, превышающие предельные, установленные нормативными документами величины, не допускаются и в необходимых случаях должны быть согласованы с проектной организацией.

Монтаж конструкций следует производить по утвержденному проекту производства работ, в котором должны предусматриваться мероприятия, обеспечивающие требуемую точность монтажа, пространственную неизменяемость конструкций в процессе их укрупнительной сборки и установки в проектное положение, устойчивость здания или сооружения.

#### **40. Разметка осевых и ориентирных рисков**

Применяемые в практике строительства методы монтажа металлических и железобетонных конструкций подразделяют на свободный и ограниченно свободный.

При *свободном монтаже* положение устанавливаемого элемента объективно ничем не ограничивается и точность конструкции полностью зависит от качества работы монтажников. Точностные характеристики этого метода, как правило, хуже, чем при ограниченно свободном монтаже. Повышение точности при свободном монтаже достигается за счет увеличения затрат времени на установку конструкций, а следовательно, за счет снижения производительности труда монтажников.

*Ограниченно свободный монтаж* основан на принципе ограничения движения в одном или нескольких направлениях сборного элемента в последней стадии его установки в пределах заданного допуска. Для этого используют ограничивающие устройства в виде фиксаторов, шаблонов, линейных или угловых упоров. Так, для установки панелей могут быть применены упоры, фиксирующие положение, а при установке других конструкций — закладные фиксаторы, определяющие положение низа конструкций. При этом отпадает необходимость во многих измерениях, призванных обеспечить требуемую точность положения устанавливаемых элементов.

Обеспечение точности при ограниченно свободном монтаже достигается за счет повышения:

качества труда монтажников;

точности монтажного оснащения;

точности изготовления изделий, особенно положения закладных фиксаторов, характеризующих качество сопряжения сборных элементов.

Перечисленные факторы не только обеспечивают требуемую точность, но и определяют повышение стоимости ограниченно свободного монтажа за счет увеличения стоимости изготовления и времени на установку элемента, а также удорожания монтажного оснащения.

Наиболее широкое распространение получил свободный монтаж конструкций (более 90 % железобетонных и почти 100 % — металлических), когда точность положения устанавливаемого элемента обеспечивают с помощью регулируемых монтажных связей путем визуальной или инструментальной выверки относительно заданных ориентиров. При этом в качестве ориентиров обычно используют:

осевые линии и линии уровней зданий и сооружений, закрепленные на местности или размеченные на смонтированных конструкциях;

риски, размеченные на сборных элементах;  
поверхности, грани и точки смонтированных конструкций.

Однако базовыми ориентирами служат данные геодезического обоснования.

При свободном монтаже каждую колонну устанавливают самостоятельно, а для ее выверки используют нанесенные на гранях колонны в верхнем и нижнем сечениях монтажные риски, совпадающие с геометрической осью колонны.

Риски, определяющие оси железобетонных колонн, рекомендуется наносить:

на двух взаимно перпендикулярных гранях на уровне верха фундаментов и на тех же гранях в верхнем сечении на удалении 100 мм от торца;

на боковых гранях колонн ниже верхней поверхности консоли подкрановой балки;

на двух боковых гранях консоли по направлению оси подкрановой балки;

на верхней грани подкрановой консоли;

на опорном стальном листе, расположенном на верхнем торце колонны.

На железобетонных балках, ригелях и прогонах осевые риски рекомендуется наносить на торцах и на верхней плоскости у торцов. На стропильных фермах осевые риски следует наносить на торцах и на верхних плоскостях поясов у торцов.

На лестничных маршах осевую риску следует наносить на конце марша по продольной оси.

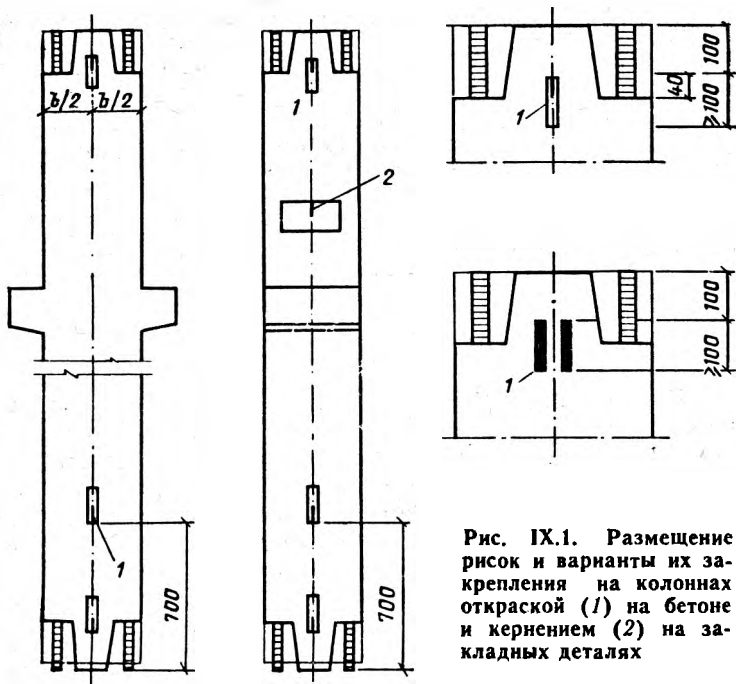


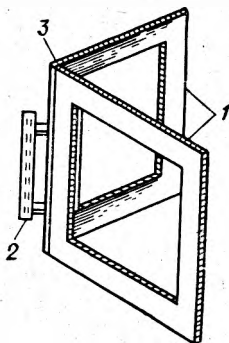
Рис. IX.1. Размещение рисков и варианты их закрепления на колоннах откраской (1) на бетоне и кернением (2) на закладных деталях

Риски на бетонной поверхности рекомендуется наносить трудносмываемой краской, по которой ось прочерчивается стальным острым инструментом, а на закладных деталях риски размечают с помощью угольника и чертилки и закрепляют керном. Длина разметочной риски должна быть не менее 40 мм.

Ориентирными рисками называют риски, размечаемые на ранее установленных конструкциях и используемые для ориентирования и монтируемых сборных элементов.

Установочными рисками называют риски, размечаемые на устанавливаемых сборных элементах и используемые для ориентирования последних в процессе их монтажа.

Исходными документами для разметки установочных рисков на монтируемых конструкциях служат рабочие чертежи проектов, на которых указывается привязка грани конструкции к разбивочной оси.



**Рис. IX.2. Шаблон для разметки осей колонн конструкции Главмосстроя**

1 — раскрывающиеся створки; 2 — ручка шаблона; 3 — пружинное устройство для прижатия створок к размечаемой колонне

Установочные риски на колоннах каркаса, имеющих симметричную привязку к разбивочным осям, должны маркироваться в верхнем и нижнем сечениях в местах стыковки с ранее смонтированными конструкциями (рис. IX.1).

Разметку установочных рисок на колоннах с изменяющимся сечением осуществляют у нижнего и верхнего торца, а также в уровне изменения сечения. При этом разметку установочных рисок в уровне изменения сечения следует производить на части колонны с большим сечением.

Разметку установочных рисок у колонн первого яруса в нижнем сечении следует выполнять с учетом величины заглубления их в стаканы железобетонных фундаментов.

При расположении закладных деталей на боковых плоскостях колонн и креплении к ним навесных конструкций, «поворотных» ригелей, металлических связей, ригелей промежуточных площадок, лестниц, а также в случаях, особо оговоренных в проектах, установочные риски следует наносить и на этих закладных деталях.

Разметку установочных рисок на рядовых колоннах под монтаж ригелей, когда их ширина совпадает с сечением колонн, как правило, не производят. В этом случае ориентирование ригелей при их укладке достаточно производить по грани колонны.

Разметку установочных рисок на фасадных колоннах с разновысокими консолями при заполнении фасада металлическими витражами следует производить со стороны, устанавливаемой к фасаду.

Разметку установочных рисок на железобетонных колоннах следует выполнять от граней к середине. Грани должны быть без наплывов бетона и иметь базовый размер не



менее 100 мм, расположенный в 100 мм от верхнего и нижнего торцов колонн.

Для нанесения геометрических осей на колонны используют раздвижные уголки, различного рода шаблоны, например конструкции Главмосстроя (рис. IX.2), НИИПГ и др. Разметку можно выполнять рулеткой, измерительной линейкой путем деления замеренной величины грани колонны пополам. Необходимость такой рекомендации вызвана тем, что размеры изготовленных колонн часто существенно отличаются от проектных. По той же причине нахождение геометрической оси колонн посредством откладывания от их боковой грани половины проектного значения поперечного сечения не рекомендуется.

Разметку установочных рисок целесообразно выполнять на заводе-изготовителе, что позволит сократить простои механизмов и затраты ручного труда рабочих на строительной площадке.

На строительной площадке процесс нанесения установочных монтажных рисок удобнее осуществлять на колоннах, уложенных горизонтально на специальные подкладки. Разметку рисок начинают с грани колонны, соприкасающейся при изготовлении с дном формооснастки, для чего колонну укладывают на подкладки верхней гранью, не соприкасающейся при изготовлении с формооснасткой. При этом рекомендуется такая последовательность и схемы разметки колонны:

для колонн, монтируемых в одиночных кондукторах, грань делится пополам с помощью шаблона, прикладываемого к боковым граням, как показано на рис. IX.3, а;

для колонн, монтируемых в групповых кондукторах (на четыре колонны), положение риски на двух взаимноперпендикулярных гранях определяется от ребра колонны, примыкающего к конструкции группового кондуктора, как показано на рис. IX.3, в.

Разметку установочных рисок на железобетонных колоннах с металлическим сердечником следует выполнять на бетонной плоскости по центру сердечника, так как через него воспринимается и передается основная доля нагрузок.

Установочные риски на колоннах, имеющих на торцах металлические закладные детали или центрирующие прокладки, размечают также на бетонных гранях колонн с учетом действительных размеров металлических пластин.

Разметку установочных рисок на круглых и других колоннах непрямоугольного сечения надлежит производить

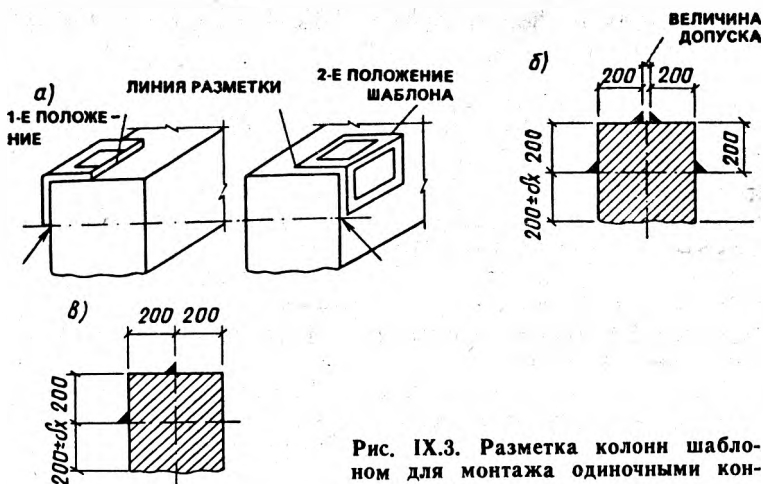


Рис. IX.3. Разметка колонн шаблоном для монтажа одиночными кондукторами

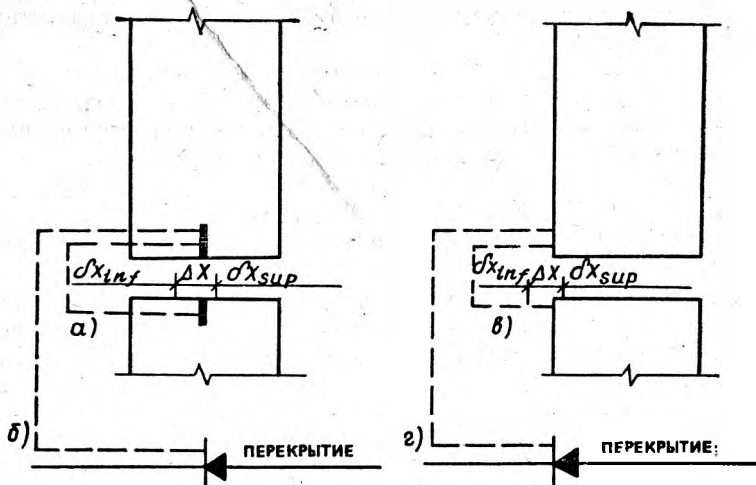
а — последовательность; б — схема; в — то же, при монтаже с применением групповых кондукторов

с учетом специальных условий, оговоренных в проектах или согласно указаниям авторского надзора. При этом для разметки круглых колонн часто применяют шаблон в виде недеформированного швеллера и уголка. Необходимость в разметке колонн на строительной площадке отпадает, если установочные риски нанесены в заводских условиях, а при монтаже следует использовать только заводскую разметку рисок на колоннах.

Установочные риски на навесных панелях следует наносить со стороны примыкания их к фасадным колоннам. В этом случае на панель наносят две риски для установки панели по высоте и одну — для установки ее в плане.

Установочные риски на ригелях, панелях перекрытий, плитах покрытий, как правило, не наносят, а их выверка при монтаже осуществляется с определением зазоров и швов на глаз.

Установочные риски обычно наносят остро отточенным карандашом, а для лучшей видимости и сохранности они сбоку открашиваются трудносмываемой краской. При этом рекомендуемая длина установочной риски 40—100 мм. Разметку рисок следует производить единообразно на всех конструкциях, а по цвету краски и обозначению они долж-



**Рис. IX.4. Установка низа колонн совмещением**

*а* — осевых рисков; *б* — осевой риски устанавливаемой колонны с разбивочной riskой; *в* — граней колонны; *г* — грани устанавливаемой колонны с разбивочной riskой

ны отличаться от рисков, фиксирующих положение разбивочных осей на конструкциях.

Разметку установочных рисков необходимо выполнять на железобетонных конструкциях с погрешностью не более 1 мм, а на стальных — 0,5 мм, если другая точность не предусмотрена проектом.

**Рекомендации по ориентированию сборных элементов при монтаже.** Качество сопряжения элементов при свободном монтаже в значительной мере зависит от выбранного способа их ориентирования.

Практикой монтажа выработано несколько способов ориентирования колонн, которые в зависимости от выбранного сочетания верхних и нижних ориентиров приводят к неодинаковым результатам точности их установки. При установке низа колонн совмещают нижние осевые риски монтируемых колонн с верхними осевыми рисками нижестоящей колонны (рис. IX.4, *а*) или с разбивочными рисками (см. рис. IX.4, *б*), вынесенными на фундаменты или расположенными ниже конструкции.

Следует иметь в виду, что при ориентировании низа колонн по осевым рискам (см. рис. IX.4, *а*) получаем большую точность соосности колонн, что имеет существенное

влияние на прочностные показатели, особенно в многоэтажных зданиях.

Ориентирование низа монтируемой колонны по разбивочным рискам приводит к увеличению эксцентриситета осей колонн в стыках, но ограничивает накопление погрешностей во взаимном положении колонн в рядах.

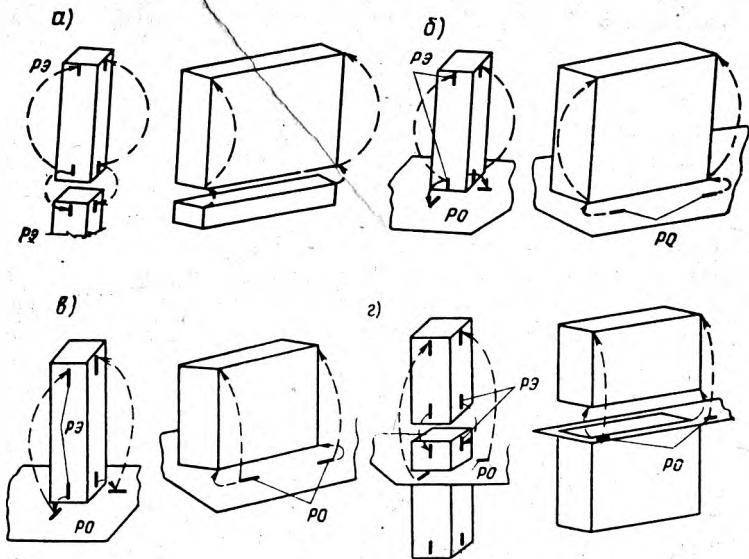
Допускается установку низа колонн осуществлять совмещением боковых граней монтируемой и нижестоящей колонны (см. рис. IX.4, в) или совмещением грани устанавливаемой колонны с разбивочной рисккой (см. рис. IX.4, г), закрепленной на монтажном горизонте на конструкциях. Параметры точности сопряжения конструкции при установке сборных элементов по граням будут хуже, чем при установке по осевым рискам, поскольку в этом случае на качество сопряжения дополнительно влияют погрешности изготовления линейных размеров и конфигурации сборных элементов.

При ориентировании низа устанавливаемой колонны по боковым граням (см. рис. IX.4, в) имеем сравнительно меньший эксцентриситет осей сопрягаемых колонн, т. е. обеспечение их соосности, а при ориентировании боковых граней устанавливаемой колонны по разбивочным рискам (см. рис. IX.4, г) имеем лучшие точностные параметры по взаимному положению колонн в рядах.

При установке верха колонн в проектное положение применяют обычно теодолиты или, при небольшой высоте колонн, нитяные отвесы. Установку осуществляют путем совмещения на одной вертикали ориентиров в виде осевых рисок в верхнем и нижнем сечении или совмещением осевых рисок в верхнем сечении колонн с рисками разбивочных осей.

Описанные системы ориентирования имеют свои достоинства и недостатки, которые монтажнику надлежит хорошо знать, чтобы правильно принимать решения в конкретной ситуации.

При системе ориентирования, когда осевую риску верха устанавливаемых элементов совмещают с осевой рисккой его низа, а нижнее сечение ориентируют относительно верха нижестоящих элементов (рис. IX.5, а), происходит накопление погрешностей размера пролета между элементами. Особенно это становится ощутимо в многоэтажных зданиях, а также при установке плоских элементов, например панелей, когда оказывают дополнительное влияние на размер пролета погрешности искажения их формы. Поэтому рас-



**Рис. IX.5. Схемы ориентирования элементов при свободном монтаже**

*а* — низ устанавливаемого элемента ориентируют относительно верха нижестоящего элемента, а верх — относительно низа устанавливаемого элемента; *б* — низ устанавливаемого элемента ориентируют относительно разбивочной оси, а верх — относительно низа устанавливаемого элемента; *в* — низ и верх устанавливаемого элемента ориентируют относительно разбивочной оси; *г* — низ устанавливаемого элемента ориентируют относительно оси верха нижестоящего элемента, а верх — относительно разбивочной оси; *РЭ* — риска элемента; *РО* — риска оси

сма­три­вае­мый ва­ри­ант ори­ен­ти­ро­ва­ния эле­мен­тов ре­ко­мен­ду­ют при мон­та­же ко­лонн од­но­этаж­ных зда­ний и до­пус­ка­ют при ус­танов­ке сбор­ных эле­мен­тов ма­ло­этаж­ных зда­ний. При э­том вы­вер­ку по­ло­же­ния ус­танов­ли­вае­мых кон­струк­ций осу­ществ­ля­ют с по­мо­щью про­стей­ших средств в ви­де рей­ки-от­веса для ус­танов­ки панелей и ни­тя­но­го от­веса для ус­танов­ки ко­лонн.

Для системы ориентирования, при которой верх устанавливаемого сборного элемента ориентируют относительно его низа, а низ — относительно разбивочной оси, характерны увеличенные значения эксцентриситета осей, несоосности сборных элементов, выражаемой в виде несовпадения поверхностей (уступа) элементов. Рассматриваемая схема установки сборных элементов рекомендуется при платформенном опирании элементов по высоте (платформенный

узел), а преимущество ее состоит в простоте выверки верха элемента (обеспечения его вертикальности) с помощью рейки-отвеса (см. рис. IX.5, б).

При установке элементов, когда их верх и низ ориентируют относительно разбивочных осей, имеются лучшие предпосылки для обеспечения взаимного положения элементов (пролета), чем для обеспечения их соосности. Этот вариант ориентирования предусматривает применение теодолита и рекомендуется при монтаже колонн, опирающихся по высоте через стальные оголовки, свариваемые между собой по периметру или с помощью накладок (см. рис. IX.5, в).

Способу установки элементов, при котором их верх ориентируют относительно разбивочной оси, а низ — относительно оси верха нижестоящих элементов, свойственно обеспечение соосности элементов, характеризующееся для колонн незначительным эксцентриситетом осей в стыке. Для данного варианта ориентирования возможны значительные наклоны колонн, являющиеся результатом суммарного влияния неизбежного смещения низа и верха колонны с разбивочной осей. Эту систему ориентирования обычно применяют при монтаже всех стальных колонн и железобетонных колонн каркасных зданий (см. рис. IX.5, г).

Требуемая точность установки низа колонн обеспечивается совмещением осевой установочной риски низа монтируемой колонны с ориентирной риской, нанесенной на нижерасположенной колонне или на перекрытии. В качестве ориентирной риски используют или осевую риску установленного элемента, или риску разбивочных осей.

#### **41. Способы измерений и рекомендуемые приборы для обеспечения точности установки опорных плит**

Особенности подготовки фундаментов к монтажу металлических колонн обусловлены выбором метода их установки.

Современным методом возведения каркаса производственных зданий является безвыверочный монтаж, требующий более тщательных измерений при выполнении разбивочных работ и контроле процесса сборки конструкций, а также при производстве исполнительных съемок.

В подготовку фундаментов к укладке опорных плит помимо проверки их размеров и положения фундаментных болтов входит контроль закрепления на них разбивочных осей и реперов согласно прилагаемой строительной организацией исполнительной схеме. Оси рекомендуется выносить

с помощью теодолита способом створных засечек на каждый фундамент и закреплять на зацементированных вровень с верхней поверхностью фундамента скобах, расположенных вне контура опорной плиты, но не ближе 5 см от боковой грани фундамента (см. рис. VIII.1).

Помимо стальных опорных плит применяют другие способы опирания стальных колонн и стоек на фундаменты: непосредственно на поверхность фундаментов, возведенных до проектной отметки для колонн с фрезерованными подошвами башмаков;

на фундаменты, забетонированные до отметки ниже проектной, с последующей подливкой, при обеспечении временного закрепления и выверки колонн на фундаментных болтах парными гайками, фиксирующими положение опорной плиты для колонн и стоек постоянного сечения.

**Установка опорных плит.** Безвыверочный монтаж стальных конструкций, изготовленных с повышенной точностью, предусматривает опирание колонн фрезерованными торцами на строганные стальные плиты, уклон поверхности которых не должен превышать 0,00067, а отклонение фактической отметки центра плиты от проектной 5 мм. При этом для обеспечения в дальнейшем соответствия продольного и поперечного уклона подкранового пути техническим требованиям предусмотрено ограничение разности отметок опорных поверхностей плит и фундаментов соседних колонн по ряду и в пролете предельным отклонением  $\pm 3$  мм.

При подготовке к установке опорных плит мастер обязан проверить рулеткой их размеры, а также плоскостность верхней поверхности посредством укладки на нее ребром контрольной рейки. В процессе установки он же контролирует совмещение осевых рисок плит с разбивочными осями, вынесенными на фундамент.

При установке плит допускается применять совмещенный способ контроля их положения, при котором осевые риски плит вводят в створы продольной и поперечной разбивочных осей с помощью двух установленных на них теодолитов, одновременно задавая проектную высоту центра плиты нивелиром. На эти операции уходит много времени труда, так как при установке плиты по одной из осей может нарушаться уже выполненная ориентировка плиты относительно другой разбивочной оси или высотного положения.

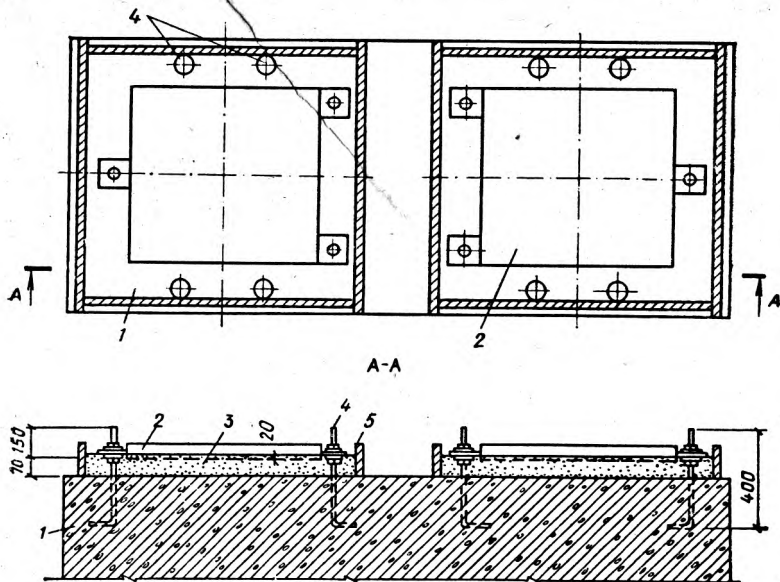
В настоящее время предусмотрено изготовление опорных плит по длине и ширине на 20 мм больше минимально необходимого размера, что предоставило монтажникам возмож-

ность смещать оси колонны при их установке относительно центра плиты на 10 мм. С учетом этого можно рекомендовать отдельный способ контроля положения плит, упрощающий и облегчающий производственные операции по их выверке.

При отдельном способе контроля установки плиты необходимо ее осевые риски ввести сначала в створы продольной и поперечной разбивочных осей с погрешностью не более 10 мм, а затем точно по нивелиру и уклону выверить верхнюю поверхность плиты, после чего надежно ее закрепить и подлить раствором согласно проекту. При этом для уменьшения влияния несоблюдения основного геометрического условия нивелира — визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня — передачу отметок с репера на опорную плиту необходимо выполнять нивелированием из середины, т. е. с соблюдением равенства длин визирных лучей.

При двухветвевых колоннах одну из опорных плит следует устанавливать по высоте с помощью нивелира, а вторую — относительно первой с помощью инструментальной линейки с чувствительным уровнем, устанавливаемой по центру плит. Такая линейка и уровень обеспечивают требуемую точность взаимной установки плит по высоте и уклону, поскольку чувствительность уровня (цена деления), характеризуемая отклонением его оси при смещении пузырька уровня на одно деление, составляет 0,25—0,30 мм на 1 м линейки. При отсутствии инструментальной линейки и уровня установку плит по уклону можно осуществить нивелиром и рейкой, к которой для уменьшения ошибки отсчета рекомендуется на высоте визирного луча прикрепить обычную линейку с миллиметровыми делениями. Для этого определяют нивелиром отметки плиты в трех точках в местах ее временного крепления, и отклонения их от проектной величины фиксируют здесь же мелом. Далее, прикладывая к бетону линейку с миллиметровыми делениями, замечают отсчет по линейке на уровне верхней поверхности плиты, и вращением гаек болтов временного крепления плиты уточняют положение ее по высоте в проверяемых местах в соответствии с отклонением, написанным на плите мелом. Одновременно необходимо следить за тем, чтобы сохранить установку плиты в плане (рис. IX.6). При этом для окончательной установки опорных плит по высоте и для исполнительной съемки рекомендуется применять точные нивелиры типа Н-2, Ni-002, Ni-007 и штриховые рейки с ин-





**Рис. IX.6. Установка опорных плит**

1 — фундамент; 2 — опорная плита; 3 — цементный раствор; 4 — дополнительные фундаментные болты с гайками; 5 — опалубка для подливки

варной лентой, так как в этом случае соблюдается уклон плиты в пределах  $0,00067$ , т. е. для плит размером  $1 \times 1$  м обеспечивается отклонение по высоте их углов относительно центра в пределах  $\pm 0,5$  мм. Для обеспечения такой точности погрешность отсчета по рейке не должна превышать  $0,1$  мм.

После затвердения раствора подливки необходимо выполнить контрольное нивелирование поверхности плиты в центре и в четырех ее углах. По результатам съемки составляют исполнительную схему (рис. IX.7), на которой в рамках указаны проектные отметки и фактические отклонения центра каждой плиты, а у их углов — уклон центра в десятитысячных с соответствующим знаком. Предельное значение уклона составляет  $0,00067$ , т. е. действительные отклонения не должны превышать  $0,67$  мм на  $1$  м плиты.

На окончательно установленные плиты (с отклонениями в плане в пределах  $10$  мм и до  $5$  мм по высоте) необходимо перенести с помощью теодолита способом осевого створа продольные и поперечные разбивочные оси. На поверхности

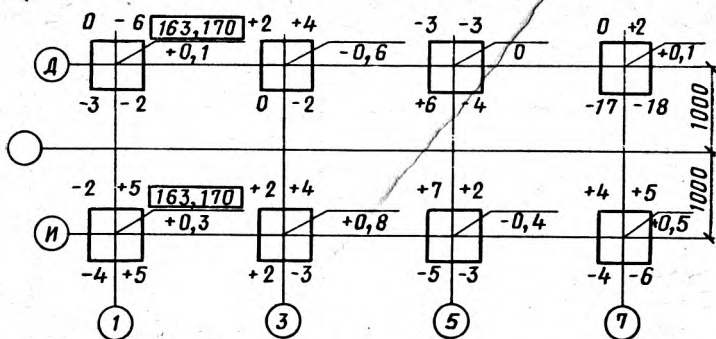


Рис. IX.7. Исполнительная схема положения опорных плит

плиты оси закрепляют керном, а заводские керны, если они не совпадают с разбивочными осями, зачеканивают. В дальнейшем закрепленные на опорной плите разбивочные оси используют в качестве ориентиров для установки низа колонн.

## 42. Измерения, сопровождающие установку колонн с требуемой точностью

Монтажу железобетонных колонн предшествуют подготовительные работы. В состав этих работ, выполняемых мастером, входит проверка маркировки колонн, чистоты закладных деталей, готовности стакана фундамента.

При монтаже колонн в случае необходимости на дно стаканов сборных и монолитных фундаментов укладывают до проектной отметки низа колонн выравнивающий слой бетона или подкладывают металлические пластины нужной толщины.

При значительных отклонениях высоты колонн от проектного размера монтажники вынуждены устанавливать уровень верха выравнивающего слоя индивидуально (с учетом фактической высоты колонн) для каждого стакана так, чтобы верхние опорные поверхности колонн после установки находились на проектной отметке. В этом случае стаканы фундаментов и соответствующие им колонны маркируют одинаковыми номерами. Однако такое решение создает значительные неудобства, так как в условиях строительной площадки приходится перескладировать колонны.

Монтажу стальных колонн предшествуют подготовительные работы по очистке опорной поверхности фундамента, проверке нанесения осей на опорной плите и установочных рисок на колоннах. Если оси не были размечены в процессе изготовления, осевые риски наносят на двух противоположных гранях колонн в нижнем и верхнем сечении соответственно для установки низа колонны в плане и для выверки ее по вертикали. Кроме того, мастер визуально проверяет наличие гаек и пригонку резьбы, а также с помощью щупа определяет плотность опирания фрезерованного торца колонны после ее установки на опорные плиты.

Целесообразно у пронумерованных согласно осям колонн одноэтажных производственных зданий в их нижней части на высоте около 1 м нанести горизонтальную черту (метку), от которой рулеткой измерить расстояния до подкрановой ступени, места крепления ферм или верха колонны. Результаты замеров, занесенные в журнал, позволяют в дальнейшем, не поднимаясь с нивелиром на колонны, вычислять отметки их верхних узлов, определив путем нивелирования отметку горизонтальной черты каждой установленной колонны.

Горизонтальную черту рекомендуется наносить на одинаковом для всех колонн расстоянии от подкрановой ступени, что упростит в дальнейшем вычисление отметки опорных узлов установленной колонны. В этом случае к определенной нивелированием отметке горизонтальной черты достаточно будет прибавить постоянное для всех колонн указанное расстояние.

Перед монтажом железобетонных колонн по высотным отметкам дна стаканов устанавливается отметка монтажного горизонта, которую обычно принимают по фундаменту с максимальной отметкой дна стакана. При этом дальнейшее выравнивание дна стаканов под один монтажный горизонт предпочтительно осуществлять мерными стальными прокладками с помощью нивелира. Выравнивание подливкой раствора или бетона может привести к неравномерной осадке смонтированных колонн и тем самым — к увеличению разницы в отметках опорных плоскостей вышележащих конструкций. Чтобы избежать смещения во время монтажа колонны, прокладки фиксируют на дне стакана раствором. Разбивочные оси выносятся на верхнюю плоскость стаканов карандашом и откраской. Стаканы фундаментов до монтажа колонн закрывают специальными щитками от загрязнения.

При установке железобетонных колонн в проектное положение совмещают установочные риски на колоннах (нанесенные на уровне верха стаканов фундаментов) с продольными и поперечными разбивочными осями. При этом положение колонн по вертикали контролируют нитяным отвесом или теодолитом, а при незначительном смещении низа колонн подбивают стальные клинья, которые одновременно обеспечивают и временное закрепление в фундаменте колонн.

Установку колонн в вертикальное положение рекомендуется производить по коллимационной плоскости теодолита. При высоте колонны более 15 м выверку колонны выполняют одновременно по двум взаимно перпендикулярным разбивочным осям с применением двух теодолитов. При высоте колонны до 4,5 м допускается применение для этой цели нитяного отвеса, подвешиваемого на предварительно приваренные перпендикулярно друг другу два штыря.

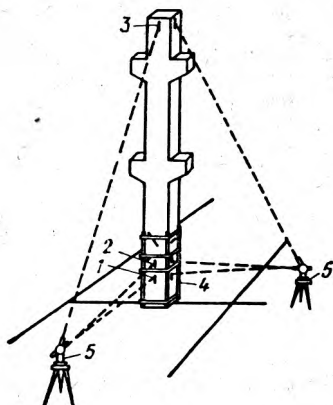
При монтаже железобетонных колонн одноэтажных производственных зданий действительные отклонения от проектного положения ограничиваются следующими предельными величинами, мм:

смещение осей колонн в нижнем сечении относительно разбивочных осей . . . . .	±5
отклонение осей колонн в верхнем сечении относительно разбивочных осей при высоте колонны, м:	
до 8 . . . . .	±20
св. 8 до 16 . . . . .	±25
» 16 » 25 . . . . .	±32
» 25 » 40 . . . . .	±40
отклонение отметок опорных площадок для подкрановых балок или балок (ферм) одного пролета . . . . .	±10
отклонение отметок прочих опорных площадок на колоннах, а также кронштейнов, столиков, консолей, привариваемых до установки колонн, на высоте, м:	
до 10 . . . . .	±15
св. 10 . . . . .	±25
отклонение отметок стальных кронштейнов, столиков, консолей привариваемых после установки колонн на высоте, м:	
до 10 . . . . .	±5
св. 10 . . . . .	±8

При сборке многоэтажных зданий для установки колонн, их временного закрепления и выверки часто используют одиночные кондукторы. Колонну направляют внутрь кон-

**Рис. IX.8. Выверка монтируемой колонны**

1 — установочная риска на оголовке установленной колонны; 2 и 3 — нижняя и верхняя установочные риски на монтируемой колонне; 4 — одиночный кондуктор; 5 — теодолиты



дуктора и медленно опускают ее, совмещая риски на оголовке установленной колонны с рисками у нижнего торца монтируемой колонны (рис. IX.8). Временно закрепляют устанавливаемую колонну с помощью регулировочных винтов кондуктора. Совмещение геометрических осей (соосность) обеих колонн в стыке, а также вертикальность устанавливаемой колонны рекомендуется проверять одновременно двумя теодолитами, установленными на взаимно перпендикулярных осях. При этом установку колонны в проектное положение осуществляют с помощью монтажного ломика и регулировочных винтов кондуктора, а иногда и домкрата, входящего в комплект кондуктора и позволяющего вывернуть положение низа колонны в плане.

Величина несоосности (эксцентриситета) определяется путем измерения линейкой расстояния в плане между осевыми рисками верха колонны предыдущего яруса и низа устанавливаемой колонны.

При монтаже железобетонных колонн многоэтажных зданий величина действительных отклонений от проектного положения ограничивается следующими предельными величинами, мм:

смещение осей колонн в нижнем сечении относительно разбивочных осей или ориентирных рисок	±5
отклонение осей колонн в верхнем сечении относительно разбивочных осей при высоте колонн до 8 м	±20

разность отметок верха колонн каждого яруса в пределах выверяемого участка при контактной установке (где $n$ — порядковый номер яруса)	$12+2n$
отклонение отметок стальных кронштейнов, столиков, консолей, привариваемых после установки колонн при высоте, м:	
до 10	$\pm 5$
св. 10	$\pm 8$
отклонение отметок кронштейнов, столиков, консолей, привариваемых до установки колонн при высоте, м:	
до 10	$\pm 10$
св. 10	$\pm 15$

Способы выверки стальных колонн одноэтажных производственных зданий зависят от способа их опирания на фундаменты.

При установке колонны на опорные плиты ее следует наводить таким образом, чтобы установочные риски низа колонн совпадали в пределах допуска с рисками разбивочных осей на опорной плите. Это достигается не только передвижкой колонн в каком-либо направлении, но и поворотом их вокруг оси. Правильность высотного положения колонн при безвыверочном монтаже обеспечивается точностью их изготовления и установки опорных плит по высоте.

При установке стальных колонн на фундаменты, возведенные до проектной отметки, тщательно проверяют соответствие их поверхности проекту по высоте и горизонтальности. Действительные отклонения поверхности фундаментов от проектного положения не должны превышать 5 мм по высоте и 0,00067 по уклону. При этом способе опирания колонны установочную риску ее низа совмещают с риской разбивочной оси, закрепленной на фундаменте вне зоны опирания колонны.

Для обеспечения временного закрепления и выверки устанавливаемых стальных колонн на анкерных болтах с парными гайками, фиксирующими положение опорной плиты, нивелиром определяют положение гаек по высоте. Низ колонны находится в проектном положении, когда установочная риска колонны и риска, фиксирующая разбивочную ось на фундаменте, будут расположены на одной вертикали.

После установки колонны в плане и по высоте проверяют ее вертикальность с помощью теодолитов или отвесов (рис. IX. 9, а).

Способом наклонного визирования зрительной трубой теодолита рекомендуется проверять вертикальность уста-

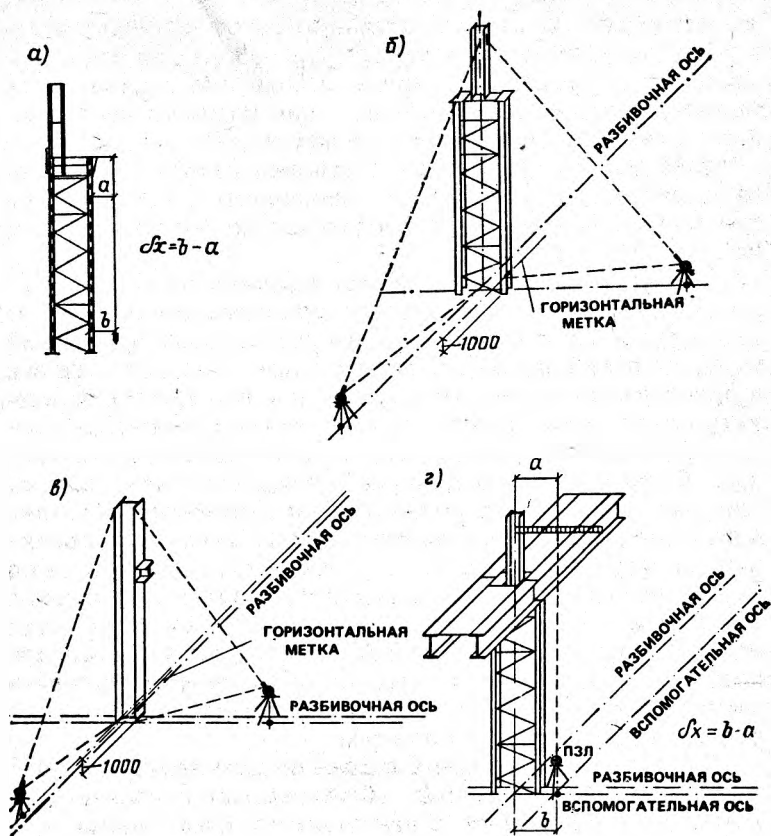


Рис. IX.9. Схемы проверки вертикального положения колонн

а — тяжелым отвесом; б — теодолитом по осевым рискам; в — теодолитом по боковым ребрам; г — прибором ПЗЛ

новки колонны в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (см. рис. IX.9, б), проходящих через разбивочные оси. При этом перекрестие сетки нитей зрительной трубы теодолитов, расположенных в створах продольной и поперечных осей, наводят на установочные риски колонны в нижнем сечении с последующим визированием на верхнюю часть. Наклоняя колонну, добиваются такого положения, когда риска ее верхней части окажется на перекрестии сетки нитей зрительной трубы теодолита. Так как в процессе вывер-

ки положения колонны зрительную трубу приходится наклонять на значительный угол, то для работы при одном положении вертикального круга необходимо использовать тщательно выверенный теодолит и как можно точнее приводить его ось вращения в отвесное положение.

Проверку вертикальности установки колонн постоянно сечения осуществляют наклонным визированием зрительной трубы двух теодолитов по боковым ребрам (см. рис. IX.9, в).

Для удобства наблюдений рекомендуется теодолиты располагать по направлению продольной и поперечной осей на таком удалении от колонны, чтобы угол наклона зрительной трубы не превышал  $35^\circ$ . Действительные отклонения  $\delta x$  оси верхней части колонны от разбивочной оси можно определить приборами вертикального визирования (ПЗЛ) посредством взятия отсчета  $a$  по метровой рейке, прикладываемой основанием к осевой риске в верхней части колонны (см. рис. IX.9, г):  $\delta x = v - a$ . При этом, если величина  $v$  не будет соответствовать отстоянию ПЗЛ от осевой риски нижней части колонны, то полученное отклонение  $\delta x$  будет характеризовать не вертикальность колонны, т. е. ее наклон. Кроме того, геометрическим нивелированием определяют отметку горизонтальной черты на колоннах, используя которую, легко вычислить высоты подкрановой ступени и других верхних узлов колонны посредством сделанных ранее соответствующих промеров.

При монтаже стальных колонн одноэтажных производственных зданий величина действительных отклонений от проектного положения ограничивается следующими предельными величинами, мм:

отметки опорной поверхности колонны . . . . .	$\pm 5$
разность отметок опорной поверхности соседних колонн по ряду и в пролете . . . . .	$\pm 3$
смещение осей колонн в опорном сечении относительно разбивочных осей . . . . .	$\pm 3$
стрела прогиба (кривизна) колонны, а также сжатых элементов решетки и связей по колоннам не должна превышать . . . . .	$0,00133$ расстояния между точками закрепления, но не более $\pm 15$ мм



односторонний зазор между фрезерованными поверхностями в стыке допускается не более . . . . .

0,00067 размера поперечного сечения колонны, при этом площадь контакта должна составлять не менее 65% площади поперечного сечения

Фактические отклонения осей колонны от вертикали в верхнем сечении регламентируются для четырех интервалов высот предельными величинами, приведенными в табл. IX.1.

Следовательно, предельные отклонения наклон стальных связевых колонн вдоль ряда установлены в полтора раза меньше, чем для рядовых колонн, а также связевых колонн поперек ряда, что предусмотрено для обеспечения полной собираемости вертикальных связей.

Сравнение фактически допущенных отклонений с приведенными нормативными требованиями позволяет судить о качестве монтажных работ.

**IX.1. Фактические отклонения осей колонны от вертикали в верхнем сечении, мм**

Интервал высоты, м	Рядовые и связевые колонны поперек ряда и рядовые колонны вдоль ряда	Связевые колонны вдоль ряда
Св. 4 до 8	10	6
» 8 » 16	12	8
» 16 » 25	15	10
» 25 » 40	20	12

Во избежание существенного накопления погрешностей в замыкающем звене собираемых конструкций каркаса при монтаже колонн так же, как и при сборке других элементов, необходимо стремиться установить их в проектное положение с минимальными отклонениями, а не ограничиваться приведением в положение, соответствующее указанным предельным отклонениям.

После монтажа колонн и их закрепления выполняют плано-высотную съемку их фактического положения.

Исполнительная съемка является обязательным этапом в процессе монтажа колонн, а ее результат — исполнительная схема (рис. IX.10) — одним из основных документов при приемке смонтированных конструкций.

По результатам исполнительной съемки установленных колонн одноэтажных производственных зданий определяют, с последующим отражением на исполнительных схемах, действительные отклонения:

осей колонн в их нижнем и верхнем сечениях относительно разбивочных осей;

отметок подкрановых ступеней колонн;

отметок верхней опорной плиты колонн.

Отметим, что СНиП устанавливает предельное отклонение оси колонны от вертикали в ее верхнем сечении, которое является геометрической суммой смещений осей ее нижнего и верхнего сечения относительно разбивочных осей. С целью соблюдения этого параметра на промежуточных схемах указывают смещения осей в нижнем сечении колонн и отклонения их от вертикали.

Смещение осей нижнего сечения сквозных колонн рекомендуется определять следующим образом. Теодолит устанавливают на продольной разбивочной оси на одном конце ряда колонн и ориентируют его зрительную трубу (наведением на закрепленную точку оси на другом конце ряда) по створу оси. Наблюдая в трубу, проектируют с помощью нитяного отвеса и отмечают карандашом или чертилкой положение продольной разбивочной оси у основания каждой колонны. Несовпадение этой риски, фиксирующей положение разбивочной оси, с нанесенной у основания геометрической осью колонны будет характеризовать величину действительного смещения низа колонны. Величину смещения оси каждой колонны от проектной (разбивочной) оси ряда измеряют линейкой и впоследствии отражают на исполнительной схеме.

При сплошных колоннах смещение их осей в нижнем сечении относительно разбивочных осей определяют непосредственным измерением линейкой или рулеткой расстояния между осевой рисккой на колонне и закрепленной на опорной плите разбивочной осью.

Отклонение осей установленных колонн от вертикали в верхнем сечении можно определять способом наклонного визирования. При этом необходимо теодолит устанавливать по створу, перпендикулярному плоскости проверки, и тща-

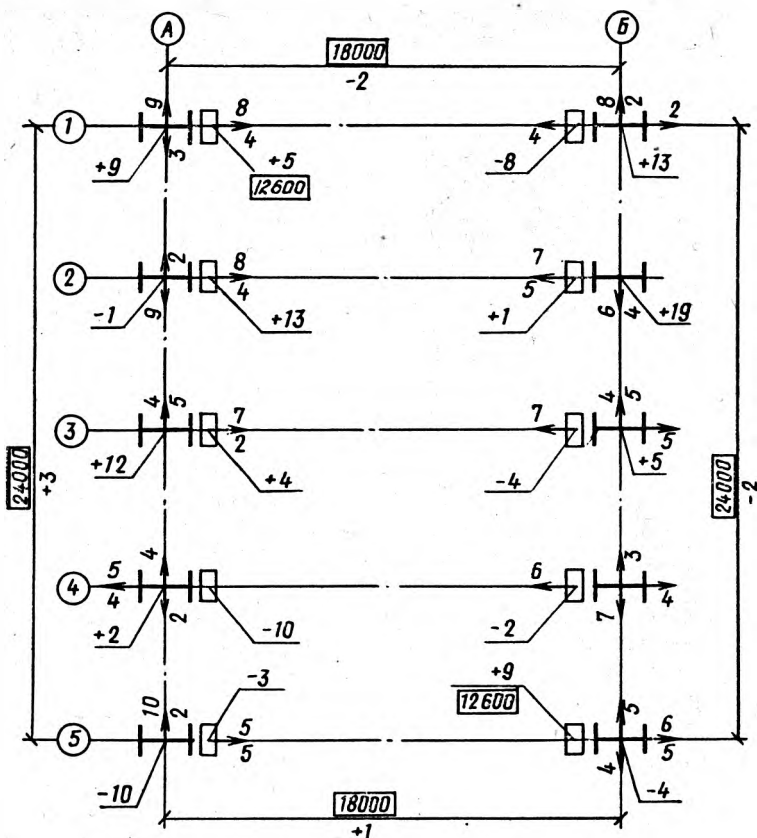


Рис. IX.10. Исполнительная схема положения колонн (цифры у выносных линий показывают отклонения отметки подкрановой ступени и верха колонн, цифры в рамках — проектные отметки; стрелками обозначены направления смещения колонн в верхнем и нижнем сечении, цифры возле них показывают величину смещения: над стрелкой — вверх, под стрелкой — вниз колонны)

тельно приводить в горизонтальное положение ось вращения зрительной трубы и в отвесное — ось вращения инструмента. Верхнюю осевую риску каждой колонны проектируют зрительной трубой вниз при двух положениях вертикального круга теодолита. Среднее отклонение проекции верхней риски от соответствующей риски колонны в нижнем сечении и будет определять величину ее наклона. Несовпа-

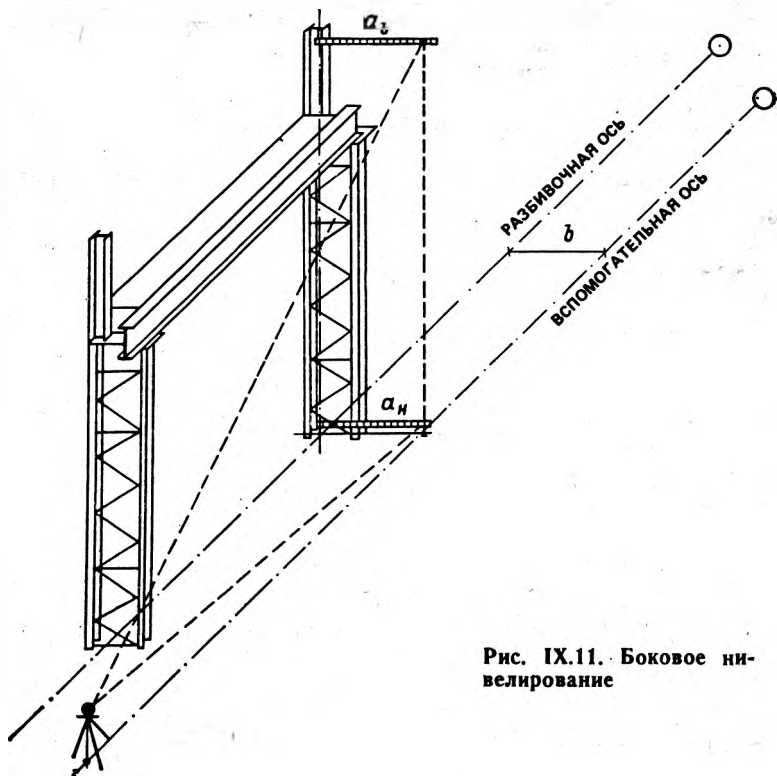


Рис. IX.11. Боковое нивелирование

дение же проекции верхней риски с разбивочной осью, замеренное линейкой или метром, будет характеризовать отклонение оси колонны в верхнем сечении от разбивочной оси.

Исполнительную съемку вертикальности (наклона) и смещения оси верхнего сечения колонн одноэтажных производственных зданий в направлении пролета рекомендуется выполнять способом бокового нивелирования (рис. IX.11). Сущность его состоит в том, что на расстоянии 0,5—1 м от колонн параллельно разбивочной оси выносится линия, используемая в качестве опорного створа для последующей съемки. Сориентировав зрительную трубу установленного теодолита по указанному створу, следует взять отсчеты по рейке, последовательно прикладываемой к геометрической оси каждой колонны в нижнем и верхнем

ее сечениях. Разность отсчетов по рейке, приложенной в верхнем и нижнем сечениях колонны, будет характеризовать величину ее наклона  $\delta x = a_b - a_n$ . Поскольку теодолит установлен на фиксированной линии, смещенной на заданную величину  $b$  относительно разбивочной оси ряда колонн, то разностью отсчетов  $\delta x = a_n - b$  определяется величина действительного отклонения (смещения) осей низа колонн от проектного положения, т. е. смещение  $\delta x$  геометрической оси колонн с разбивочной оси.

Для контроля качества и повышения точности измерений боковое нивелирование следует выполнять при обоих (КП и КЛ) положениях вертикального круга и из двух полученных значений наклона колонн определять среднее.

Исполнительную съемку железобетонных колонн многоэтажных зданий производят после выполнения монтажа колонн, связей между ними, а также ригелей и распорных плит, которые фиксируют положение колонн в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Монтаж следующего этажа разрешается только после инструментального контроля соответствия проекту положения конструкций нижележащего яруса (рис. IX.12). По результатам контроля составляется исполнительная схема, на основе которой оформляется акт приемки установленных конструкций. В нем указывается оценка качества монтажа законченного этажа и дается разрешение на монтаж следующего яруса.

Перед установкой колонн вышележащего яруса необходимо выполнить исполнительную съемку планового и высотного положений колонн нижележащего яруса. Для этого на последние выносят разбивочные оси, которые обычно

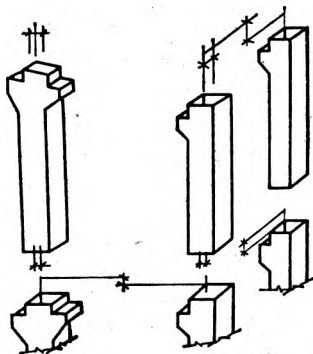


Рис. IX.12. Контролируемые параметры при монтаже железобетонных колонн многоэтажных зданий

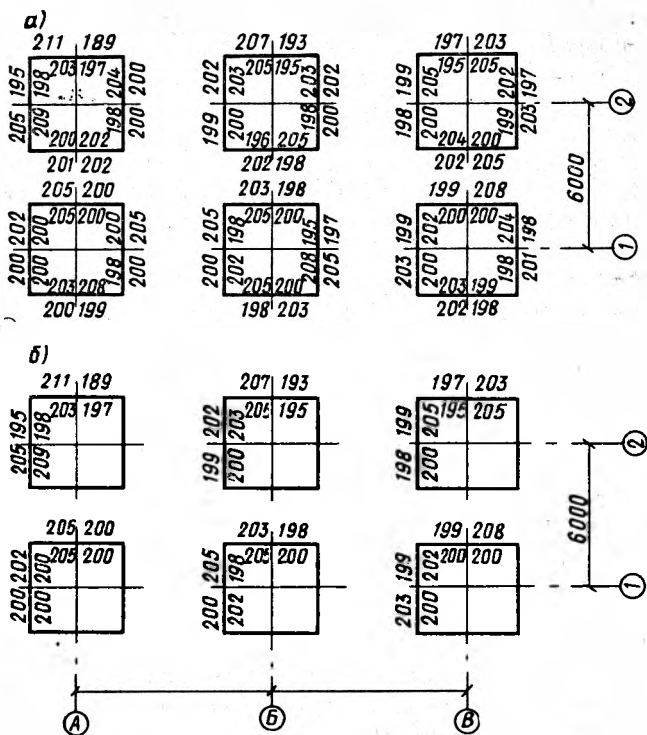


Рис. IX.13. Запись результатов исполнительной геодезической съемки колонн

а — по полной схеме; б — по сокращенной схеме

закрепляют биссекторными открасками. Расстояние между рисками, обозначающими геометрическую и разбивочную оси, и будет характеризовать величину отклонения верха колонны.

Съемка планового положения низа колонн выполняется путем замеров от разбивочных осей, вынесенных ранее на верх нижележащей колонны, до граней нижнего сечения установленной колонны. При этом используют отвес и измерительную линейку или рулетку. Замеры рекомендуется выполнять после сварки стыка и снятия кондуктора, не дожидаясь установки промежуточных связей и замоноличивания стыка, которое может привести к ликвидации откраски осей.

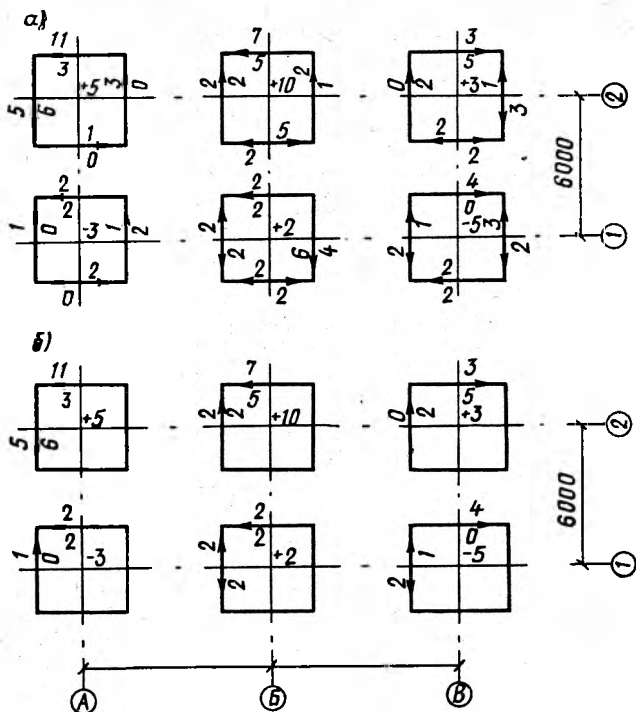


Рис. IX.14. Исполнительная схема съёмки  
 а — по полной схеме; б — по сокращённой схеме

Съёмку верха колонн выполняют с помощью замеров от вынесенных на верх колонн разбивочных осей до граней колонн. Вынос разбивочных осей и съёмку верха колонн выполняют после монтажа связей между колоннами, плит перекрытия и сварки соответствующих стыков. Следует отметить, что исполнительная съёмка выполняется как по полной, так и по сокращённой схеме. При этом результаты измерений записывают в геодезический журнал, как показано на рис. IX.13. На основе этих данных составляют соответствующую исполнительную схему, фрагмент которой приведен на рис. IX.14.

Съёмку высотного положения верхней опорной поверхности колонн выполняют геометрическим нивелированием с привязкой к поэтажному реперу. При отклонениях, превышающих предельные величины, их устраняют, а при

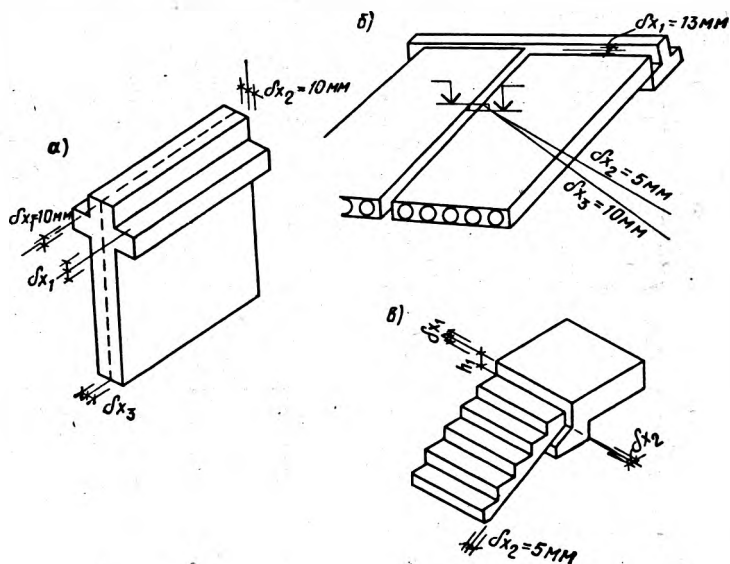


Рис. IX.15. Контролируемые параметры и предельные отклонения при приемке: стеновых панелей (а); плит покрытий или перекрытий (б); лестничного марша и площадок (в)

значительных затруднениях с исправлением представители авторского надзора решают вопрос о необходимости выравнивания монтажного горизонта.

Для принятия конструктивного решения по усилению каркаса по заказу проектной организации могут составляться схемы разреза колонн по осям с указанием натуральных их отклонений от разбивочных осей в верхнем и нижнем сечениях, а также отклонений геометрических осей этих колонн от вертикали.

По окончании монтажа одного яруса каркаса приступают, начиная с угла здания, к установке двухэтажных простеночных панелей.

Места установки панелей рекомендуется размечать на цоколе или на промежуточном поясе.

Иногда вдоль монтажного участка на заданном расстоянии, отмеренном от осей колонн, натягивают проволоку, служащую ориентирной линией. Для выверки по вертикали устанавливаемых простеночных панелей и панелей вставок рекомендуется натянуть тонкую проволоку на проектной



высоте с тем, чтобы при установке панели ее грань совмещать с проволокой. Устанавливать панели на проектную высоту можно по нивелиру с помощью домкратов и талей. Выверку в плане при установке панелей допускается производить на глаз при совпадении одной из граней монтируемой панели с ранее установленной конструкцией.

В одноэтажных промышленных зданиях или многоэтажных с глухими стенами в несколько ярусов положение наружных стен, примыкающих к колоннам, размечают с помощью рулетки по всей высоте колонн. Это позволяет избежать накапливания погрешностей на последующих ярусах. Размеченные на колоннах и перекрытиях риски используют в качестве ориентиров при монтаже панелей и для контрольных линейных измерений.

Контроль вертикальности устанавливаемой панели чаще всего выполняют с помощью рейки-отвеса, которая позволяет фиксировать вертикальность панели с погрешностью  $\pm 3$  мм.

Монтаж конструкций следующего этажа можно начинать только после полной установки, окончательного закрепления и проверки положения всех элементов предыдущего яруса.

При установке стеновых панелей фактические отклонения их от проектного положения ограничиваются (рис. IX.15, а) следующими предельными величинами, мм:

смещение осей панелей в нижнем сечении относительно разбивочных осей или ориентирных рисков $\delta x_3$ . . . . .	$\pm 5$
отклонение плоскостей панелей в верхнем сечении от вертикали (на высоту этажа или яруса) $\delta x_2$ . . . . .	$\pm 10$
разность отметок верха стеновых панелей в пределах выверяемого участка при установке по маякам $\delta x_1$ . . . . .	$\pm 10$

### 43. Контрольные измерения при монтаже ригелей, ферм и плит

**Монтаж ригелей, прогонов и балок.** Ввиду сходности конструкции ригелей, прогонов и балок их монтируют и выверяют одинаковыми методами.

При подготовке к монтажу ригелей мастер визуально, сверяя с геодезической схемой, контролирует соответствие отметок опорных поверхностей консолей колонн проектным, а также нанесение установочных рисков на ригеле и на боковых гранях колонн.

При монтаже ригелей их опирают на консоли колонн, предварительно сориентировав по осевым рискам. В поперечном направлении ригели выверяют по осям колонн, а в продольном направлении добиваются соблюдения равных площадок длины опирания концов их на консоли колонн.

Если размеры сопрягаемых поверхностей консоли и ригеля одинаковы, то допускается осуществлять их выверку в поперечном направлении на глаз посредством совмещения граней монтируемого ригеля и ранее установленной колонны.

Установку элементов сборных конструкций ригелей следует производить сразу в проектное положение, строго контролируя соблюдение равенства площадок опирания, поскольку перемещение установленных ригелей и прогонов вдоль продольной оси правилами техники безопасности запрещается. Иногда для облегчения процесса выверки прогонов и ригелей перед их установкой на колонны каркаса определяют их положение на консолях колонн дополнительной разметкой. С этой целью вначале с помощью металлической линейки находят середину опорной площадки консоли, фиксируя ее осевой риской. Затем от нее откладывают в поперечном направлении расстояние, равное половине ширины прогона, и отмечают вспомогательной (рабочей) риской на опорной площадке положение боковой грани прогона или ригеля. В дальнейшем при установке прогона или ригеля положение его при опускании на опорную площадку контролируют визуально путем совмещения грани устанавливаемого элемента с вспомогательной (рабочей) риской, а возможное отклонение устраняют перемещением прогона перпендикулярно его продольной оси монтажным ломом. Такая разметка позволяет тщательно выверить положение ригеля или прогона в поперечном направлении при их установке. При этом следят за соблюдением равенства величин площадок опирания устанавливаемых элементов, допуски на которые, как и допуски зазоров между сборными элементами, определяются проектом. Контроль вертикальности боковых граней прогонов осуществляется с помощью отвеса.

Положение опорной поверхности устанавливаемого прогона по высоте удобно контролировать непосредственными линейными промерами. Для этого с помощью нивелира передают от репера отметку и фиксируют ее внизу установленной конструкции так, чтобы при выверке прогона отмет-

ку его опорной поверхности можно было получить, откладывая по вертикали соответствующую высоту рулеткой.

Действительные отклонения от проектного положения стальных ригелей, балок, прогонов и ферм не должны превышать следующих предельных величин, мм:

отметки опорных узлов . . . . .	$\pm 20$
стрела прогиба (кривизна) между точками закрепления сжатых участков (длиной $L$ ) пояса фермы, ригеля и балки, а также сжатых элементов решетки и связей покрытия . . . . .	$0,00133L$ , но не более 15
расстояние между осями ферм, балок по верхним поясам . . . . .	$\pm 15$
смещение осей нижнего и верхнего поясов ферм относительно друг друга (в плане) . . . . .	$0,004$ высоты фермы
смещение ферм с осей на оголовках колонн из плоскости рамы . . . . .	15
вертикальность стоек фонаря и фонарных панелей . . . . .	$\pm 8$
расстояние между прогонами . . . . .	$\pm 5$

Отклонения фактического положения смонтированных железобетонных ригелей и прогонов, а также ферм от проектного ограничивают следующими предельными величинами, мм:

смещение осей нижнего пояса относительно осей на опорных конструкциях . . . . .	$\pm 5$
отметки опорных узлов . . . . .	$\pm 20$
расстояние между осями по верхнему поясу . . . . .	$\pm 20$
размеры привариваемых накладок . . . . .	$\pm 5$

Предельные отклонения площадок опирания железобетонных ригелей, ферм и прогонов, а также зазоров определяют при расчете точности конструкций и указывают в проекте.

К монтажу стропильных и фонарных ферм необходимо приступать после установки и выверки колонн, руководствуясь исполнительной схемой последних, на которой указаны допущенные отклонения оголовков от проектного положения. Условия монтажа ферм и обеспечения их собираемости также накладывают особую ответственность на монтажников по установке и выверке положения смонтированных колонн в части взаимной увязки системы внутри и между рядами колонн (рамная увязка).

Подготовка стропильной фермы к установке включает проверку мастером ее размеров (длины, высоты) и строительного подъема, а также по геодезической исполнительной схеме — положения по высоте и в плане опорных поверхностей колонн.

Стальные фермы устанавливаются по отверстиям и после крепления болтами к колонне их расчаливают из плоскости и проверяют шнуром или проволокой прямолинейность верхнего пояса и отвесом — вертикальность их плоскости.

Проектное расстояние между осями установленных стальных ферм по верхнему поясу обеспечивается постановкой распорок или прогонов.

В процессе монтажа сборных железобетонных ферм контролируют совмещение их геометрических осей с установочными осями, которые должны быть нанесены на опорных поверхностях колонн.

Соответствие проектным действительных отметок верхних поясов ферм у опор зависит от точности установки колонн. При необходимости определения отметок мест крепления ферм их вычисляют, используя отметку горизонтальной черты на установленной колонне (см. рис. IX.8) и занесенные в геодезический журнал результаты замеров от этой черты до опорных узлов.

По результатам съемки установленных и закрепленных ферм необходимо составить исполнительную схему (рис. IX.16), на которой показывают отклонения фактических расстояний между их верхними поясами в середине пролета от проектного, а также — величину (цифрой) и направление (стрелкой) смещения ферм с колонн.

**Монтаж плит покрытия.** При подготовке железобетонных плит к монтажу мастер проверяет рулеткой их геометрические размеры. Кроме того, визуально проверяет наличие закладных деталей и разметочных рисок, а также состояние опорных поверхностей и закрепление опорных конструкций. Перед тем как подать очередную плиту покрытия, рекомендуется, чтобы такелажник измерил ее длину рулеткой и сообщил результат монтажнику, находящемуся на покрытии. Этот результат совместно с данными исполнительной схемы монтажа ферм необходим монтажнику для определения длины площадок опирания на обеих фермах и соблюдения равенства их величины при укладке каждой плиты покрытия. При этом фактическую величину площадки опирания измеряют линейкой или метром. При одинаковой длине плит правильность их положения на ферме в процессе опуска-

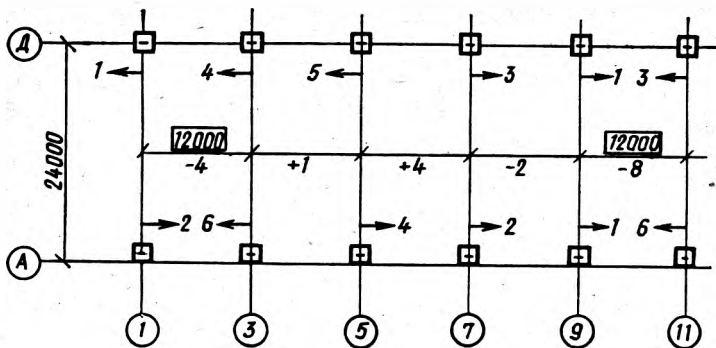


Рис. IX.16. Исполнительная схема положения ферм (в рамках указано проектное расстояние; стрелки показывают направление смещения ферм, цифры у стрелок — величину смещения)

ния можно контролировать по зазору между смежными плитами, а также относительно рисков центра узла, наносимых на верхних поясах стальных ферм. Величины площадок опирания и зазоров между элементами определяют расчетом и устанавливают в проекте.

Перед монтажом плит (панелей) перекрытий многоэтажных зданий надлежит геометрическим или гидростатическим нивелированием проверить отметки опорных плоскостей стен или ригелей и при необходимости произвести выравнивание монтажного горизонта цементным раствором.

На рис. IX.15, б показаны основные контролируемые параметры железобетонных плит покрытия и перекрытия. Действительные отклонения в положении указанных плит (панелей) ограничиваются следующими предельными величинами:

разность отметок лицевых поверхностей двух смежных плит перекрытий в стыке при длине плит до 4 м —  $\delta x_2 = \pm 5$ ; свыше 4 м  $\delta x_3 = \pm 10$  мм; смещение в плане плит покрытий или перекрытий относительно их проектного положения на опорных поверхностях и узлах ферм и других несущих конструкций (вдоль опорных сторон плит)  $\delta x_1 = \pm 13$  мм.

Для установки в проектное положение лестничной площадки по высоте на боковые стены лестничной клетки выносят от поэтажного репера отметки. Горизонтальность площадки выверяют рейкой с уровнем путем изменения толщины растворной постели. При монтаже лестничных маршей

контролируют взаимное положение марша и площадки. Для маршей, изготовленных вместе с половинами верхней и нижней лестничных площадок, дополнительно проверяют и разность отметок верхней поверхности смежных половин лестничной площадки.

Действительные отклонения от проектного положения сборных лестничных маршей и площадок ограничиваются следующими предельными величинами, мм (см. рис. IX.15, в):

отклонение отметки верха лестничной площадки от проектной . . . . .	—5
отклонение площадок от горизонтали . . . . .	±5
разность отметок верхней поверхности смежных половин лестничных площадок . . . . .	3
отклонение от горизонтали проступей лестничного марша . . . . .	±5

#### **44. Оформление результатов контроля и приемки смонтированных конструкций**

Готовность смонтированного здания или сооружения, а также его частей к дальнейшему выполнению строительно-монтажных работ устанавливают в процессе приемочного контроля смонтированных конструкций. При этом в соответствии с требованиями СНиП освидетельствуют скрытые работы, осуществляют промежуточную приемку смонтированных ответственных конструкций всего здания (сооружения) или его пространственно-жестких секций по мере их готовности, а также приемку смонтированных конструкций всего здания или сооружения перед сдачей в эксплуатацию. Проверке подлежат смонтированные несущие и ограждающие конструкции с составлением исполнительных геодезических схем положения установленных конструктивных элементов. По результатам этой проверки составляют акт промежуточной приемки ответственных конструкций. Эти акты совместно с исполнительными геодезическими схемами положения конструкций и другими документами представляются в дальнейшем для окончательной приемки здания или сооружения.

Монтаж ответственных конструкций следует завершать текущей исполнительной геодезической съемкой, представляющей собой комплекс измерений по определению в плане и по высоте фактического положения выверенных и окончательно закрепленных конструкций и их элементов. При этом наклон конструкций высотой до 5 м обычно определяют рей-

кой-отвесом, а свыше 5 м — теодолитом методом наклонного проектирования. Высотные отметки определяют геометрическим нивелированием, устанавливая рейку в местах съемки колонн, стеновых панелей, плит перекрытий и т. д. Смещение низа конструкций замеряют линейкой с миллиметровыми делениями от рисок осей, нанесенных на фундаментах, колоннах, перекрытиях или других конструкциях. Смещение в плане осей нижнего и верхнего поясов стальных ферм относительно друг друга, характеризующее отклонение плоскости ферм от вертикали, измеряют линейкой у ее нижнего пояса от шнура отвеса, опускаемого с середины или края верхнего пояса. Также линейкой рекомендуется измерять отклонение от прямолинейности верхнего пояса фермы, характеризуемого стрелой ее прогиба, от натянутого между опорными узлами установленной фермы шнура или проволоки.

Достоверность результатов исполнительной съемки контролируют выборочным измерением на объекте соответствующих геометрических параметров, характеризующих положение смонтированных конструкций. Все линейные измерения при контрольных и разбивочных работах надлежит выполнять с помощью рулеток, соответствующих второму классу точности по ГОСТ 7502—80, и линеек измерительных металлических по ГОСТ 427—75.

В процессе возведения зданий и сооружений составляют следующую геодезическую исполнительную документацию:

*по нулевому циклу:*

а) акт на приемку готового котлована с приложением схемы исполнительной съемки его;

б) акт на разбивку основных осей здания или сооружения с приложением исполнительной схемы;

в) акт готовности подземной части здания или сооружения с приложением исполнительных схем съемки конструкций подземной части;

*по каркасу здания или сооружения:*

г) акт приемки готовности строительной площадки для производства работ по монтажу строительных конструкций с результатами контрольных измерений;

д) акт приемки фундаментов;

е) поэтажные (поярусные) схемы исполнительной геодезической съемки (для многоэтажных зданий).

Документацию, указанную в пп. «а», «б» и «в», составляют специалисты генподрядной организации и представляют монтажной организации в одном экземпляре.

## IX.2. Предельные отклонения при приемке резервуаров и газгольдеров, мм

Контролируемые параметры	Для резервуаров вместимостью, м <sup>3</sup>		
	100—700	1000—5000	10 000—50 000 и всех газгольдеров
Отклонение отметки центра основания при:			
плоском основании	0; +20	0; +30	0; +50
основании с подъемом к центру	0; +40	0; +50	0; +60
то же, с уклоном к центру	0; —40	0; —50	0; —60
Отклонения отметок поверхности периметра основания, определяемые в зоне расположения крайков не реже чем через 6 м и не менее чем в 8 точках	±10	±15	—
Разность отметок любых несмежных точек основания в местах опирания стенки	20	25	—
Отклонения отметок поверхности кольцевого фундамента, определяемые не реже чем через 6 м и не менее чем в 8 точках	—	—	±5
Разность отметок любых несмежных точек кольцевого фундамента, не более	—	—	15
Отклонение ширины кольцевого фундамента (поверху)	—	—	+50; 0
То же, наружного диаметра кольцевого фундамента	—	—	+60; —40
» толщины гидроизоляционного слоя на бетонном кольце в месте расположения резервуара	—	—	±5

Документацию, указанную в пп. «г», «д» и «е», составляют специалисты монтажной организации в трех экземплярах, два из которых представляют генподрядчику.

Особенности контроля и требования приемки *листовых конструкций* обусловлены спецификой сооружений, допусками и условиями монтажа резервуаров и газгольдеров. Вертикальные сварные цилиндрические резервуары вместимостью до 50 тыс. м<sup>3</sup> и высотой стенки до 18 м, а также мокрые газгольдеры сооружают методом рулонирования.



### IX.3. Разность отметок точек наружного контура, ±мм

Вместимость резервуара, м <sup>3</sup>	Резервуар	
	незаполненный	заполненный
Менее 700	10/25	20/40
700—1000	15/40	30/60
2000—5000	20/50	40/80
10 000—20 000	15/45	35/75
30 000—50 000	30/60	50/100

Примечание. До черты дана разность отметок смежных точек наружного контура на расстоянии 6 м, после черты — любых других точек.

Для этого стенки резервуаров, телескопов и колоколов, днища, центральные части плавающих крыш и понтонов изготовляют и поставляют на монтажную площадку в виде рулонированных полотнищ, а покрытия короба понтонов и плавающих крыш, кольца жесткости, вертикальные направляющие и другие конструкции — укрупненными элементами.

При приемке основания под резервуар проверяют линейными промерами и нивелированием размеры и горизонтальность опорного контура, правильность геометрической формы, уклон откосов и каменной отмостки.

На принятом основании в соответствии с рабочими чертежами разбивают оси и обозначают центр основания резервуара или газгольдера.

Действительные отклонения (мм) фактических размеров оснований и фундаментов резервуаров и газгольдеров от проектных ограничивают предельными величинами, приведенными в табл. IX.2.

После сборки и сварки днища необходимо нанести на нем каждую из радиальных осей, а центр резервуара зафиксировать шайбой, привариваемой к днищу. Собранные и сваренные резервуары для нефти и нефтепродуктов проверяют на соблюдение геометрических размеров и формы. Отметки наружного контура днища проверяют при незаполненном и заполненном резервуаре. Фактические отклонения отметок его не должны превышать предельных величин, приведенных в табл. IX.3.

Действительные отклонения формы резервуаров ограничены следующими предельными отклонениями, мм: внутреннего радиуса на уровне днища до 12 м включительно  $\pm 20$ , свыше 12 м  $\pm 30$ ; высоты из рулонных заготовок

**IX.4. Предельные отклонения образующих стенки резервуара от вертикали, мм**

Вместимость резервуара, м <sup>3</sup>	Пояс резервуара											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
100—700	10	20	30	40	45	50	—	—	—	—	—	—
1000—5000	15	25	35	45	55	65	75	80	85	90	—	—
10 000—20 000	20	30	40	50	60	70	75	80	85	90	90	90
30 000—50 000	30	40	50	60	70	75	80	85	90	90	90	90

до 12 м ± 20; высоты из рулонных заготовок до 18 м ± 25; высоты из отдельных листов ± 30.

Помимо горизонтальности контура и цилиндричности резервуара, проверяют также и вертикальность стенки (табл. IX.4).

Измерения производят для каждого пояса на расстоянии до 50 мм от верхнего горизонтального шва, а отклонение проверяют не реже чем через 6 м по окружности резервуара. Причем 75 % отклонений образующих стенки должны укладываться в приведенные в табл. IX.3 пределы, а для остальных 25 % замеров допускается увеличение действительных отклонений на 35 % по сравнению с указанными предельными отклонениями.

При приемке плавающей крыши и понтонов действительные отклонения не должны превышать следующих предельных отклонений, мм:

верхней кромки наружного вертикального кольцевого листа коробов плавающей крыши или понтона (разность отметок)	
для соседних коробов . . . . .	20
то же, для любых других . . . . .	40
направляющих плавающей крыши или понтона от вертикали на всю высоту . . . . .	± 25
величины зазоров между наружным вертикальным кольцевым листом короба плавающей крыши понтона и стенкой резервуара (при монтаже на днище) . . . . .	± 10
трубчатых стоек от вертикали при опирании на них плавающей крыши . . . . .	± 50

При сооружении и приемке мокрых газгольдеров действительные отклонения размеров и формы стальных конструкций не должны превышать следующих предельных отклонений, мм:

разность двух любых радиусов резервуаров, телескопа и колокола . . . . .	не более 20
--	-------------

стенок резервуара от вертикали на каждый 1 м высоты стенки . . . . .	не более 3
высоты резервуара:	
стенка из рулонов . . . . .	$\pm 20$
» из листов . . . . .	$\pm 30$
радиуса горизонтальных колец гидрозатвора телескопа и колокола . . . . .	$\pm 10$
зазора между поверхностями гидрозатвора телескопа и колокола . . . . .	$\pm 20$
от вертикали внутренних направляющих телескопа или стоек колокола (после окончания сварки) на всю высоту . . . . .	$\pm 10$
кривизны (стрелки прогиба) стропил крыши колокола от вертикальной плоскости . . . . .	0,001 диаметра колокола
внешних направляющих от вертикали (на всю высоту направляющих):	
в радиальном направлении . . . . .	$\pm 10$
в плоскости, касательной к цилиндрической поверхности резервуара газгольдера . . . . .	$\pm 15$

При сдаче в эксплуатацию вертикальных цилиндрических резервуаров и мокрых газгольдеров составляют паспорт, по форме, указанной в СНиП. В этих паспортах, подписываемых представителями заказчика и строительно-монтажных организаций, отражают допущенные отклонения от проекта.

Мачты и башни представляют собой конструкции большой высоты при сравнительно небольшом поперечном сечении, поэтому при контрольных измерениях во время монтажа и приемки конструкций мачт и башен особое внимание обращают на соблюдение вертикальности оси сооружения и обеспечение центровки отдельных поясов и монтажных элементов.

Для обеспечения этих геометрических параметров при возведении такого рода сооружений надежно закрепляют внутренний центр  $O$  и двумя наружными знаками каждую из осей (рис. IX.17). При этом один из знаков оси устанавливают вблизи фундамента, а другой — на расстоянии, обеспечивающем визирование зрительной трубой теодолита на верхние части сооружения. Расстояния  $d_i$  между знаками тщательно измеряют рулеткой, поскольку они в дальнейшем используются при разбивке отдельных ярусов сооружения.

После возведения фундаментов створными засечками теодолитом внутренний центр сооружения переносят с зна-

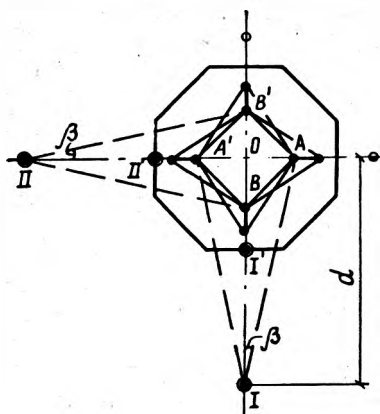


Рис. IX.17. Разбивка высотного сооружения способом равных углов

ков закрепления осей на исходный горизонт. Одновременно переносят и отмечают откраской на цоколе фундамента створы осей.

Перед началом монтажных работ принимают фундамен-ты в соответствии с требованиями проекта и нормативных документов.

Предельные отклонения от проектного положения фунда-ментов:

расстояние ( $L$ ) между центрами фундаментов одной баш-ни  $10 \text{ мм} + 0,001 L$ , но не более 25 мм;

угол между фактическим и проектным направлением оси тяги анкерного фундамента мачты: к горизонту 0; —  $4^\circ$ , в плане  $1^\circ$ ,

отклонение от проектной отметки опорной плиты цент-рального фундамента мачты и фундаментов башни  $\pm 10 \text{ мм}$ ;

разность отметок опорных плит под пояса башни 0,00067 базы, но не более 5 мм;

расстояние между центром мачты и осью проушины ан-керного фундамента  $\pm 150 \text{ мм}$ ;

отклонение отметки оси проушины анкерного фундамен-та мачты от проектной  $\pm 50 \text{ мм}$ .

В процессе возведения сооружений башенного типа их вертикальность проверяют относительно закрепленного внутреннего центра  $O$  с помощью тяжелого отвеса, опускае-мого со средней точки каждого пояса. На сооружениях, требующих более высокой точности монтажа, для этой цели используют оптическую вертикаль, создаваемую специаль-ными приборами ПЗЛ (см. § 28). В качестве визирной цели

рекомендуется применять палетку, закрепляемую на монтажном горизонте с помощью струбцины.

При разбивочных работах плановое положение отдельных ярусов башни определяют на монтажном горизонте способом равных углов. Для этого теодолит устанавливают в рабочее положение над данным знаком (например, точка 1) разбивочной оси (см. рис. IX.17). Зрительную трубу ориентируют (наведением на другой знак или откраску на фундаменте) строго по створу оси, снимая отсчет по горизонтальному кругу. Затем наклоняют зрительную трубу так, чтобы ее визирная ось была направлена на монтажный горизонт, и закрепляют ее. По проектному значению размера  $r$  пояса и измеренному ранее рулеткой расстоянию  $d$  до центра высотного сооружения вычисляют горизонтальный угол  $\beta$ :

$$\operatorname{tg} \beta = r/d. \quad (\text{IX.1})$$

Величину этого угла  $\beta$  откладывают в правую и левую сторону от разбивочной оси (соответственно, прибавлением к отсчету по лимбу и вычитанием из него), фиксируя полученные направления двумя точками ( $A$  и  $A'$ ) на монтажном горизонте. Для контроля разбивки и повышения точности измерений такие же построения выполняют при другом положении вертикального круга, а среднее положение между двумя одноименными точками и будет характеризовать положение очередного пояса вдоль другой перпендикулярной расположенной оси.

Аналогичные разбивочные работы выполняют и с другой перпендикулярной оси для получения проектного положения еще двух точек ( $B$  и  $B'$ ) для возведения очередного яруса.

На точность геодезических построений в основном влияют погрешности откладывания угла  $\beta$ , измерения расстояния  $d$  и закрепления точек на монтажном горизонте.

Исполнительную съемку законченной башни выполняют также с двух взаимно перпендикулярных разбивочных осей при двух положениях вертикального круга. При этом измеряют направления на центр сооружения и правую и левую образующие нижнего, верхнего и промежуточных поясов. Полученные результаты и измеренное расстояние  $d$  от теодолита до центра сооружения позволяют определить общий крен сооружения и погрешности возведения отдельных его ярусов. Измерения выполняют точными теодолитами, которые тщательно устанавливают по уровню с целью

приведения основной оси инструмента в отвесное положение.

Действительные отклонения законченных монтажом конструкций мачт и башен ограничиваются следующими предельными величинами, мм:

смещение оси ствола и поясов от проектного положения на высоте  $H$  выверяемой точки над фундаментом:

башни объектов связи —  $0,001H$ ;

башни вытяжных труб (одно- и многоствольные) —  $0,003H$ ;

смещение оси ствола и поясов мачты от проектного положения на высоте  $H$  —  $0,00067H$ ;

отклонение оси монтажного элемента (длиной  $L$ ) —  $0,001L$  длины башни и мачты от проектного положения элемента.

В числе документов, предъявляемых при сдаче сооружения в эксплуатацию, прилагается исполнительная схема геодезической проверки его осей, включая оси элементов поясов башен и решетчатых мачт с негабаритными секциями.

**Приемка конструкций отдельных участков комплекса доменной печи.** Сооружения доменной печи связаны между собой площадками, фасонными трубопроводами большого диаметра и другими конструкциями, требующими повышенной точности установки и стыковки конструкций для нормальной эксплуатации всего комплекса и обеспечения единого технологического цикла.

Особенности разбивочных работ и контрольных измерений зависят от последовательности монтажа кожуха доменной печи. В частности, до установки первой царги кожуха необходимо вынести на верх фундамента и закрепить центр доменной печи на забетонированной металлической детали. Кроме того, на последнюю передают геометрическим нивелированием высотную отметку. Проектное положение царги по высоте обеспечивают с помощью нивелира.

При изготовлении конструкций кожуха доменной печи на наружной стороне царг наносят вертикальные установочные риски, фиксирующие ось чугунной летки. Поэтому при установке каждого пояса кожуха доменной печи эти риски располагают с помощью теодолита в одной вертикальной плоскости с осью чугунной летки, вынесенной и закрепленной на фундаменте. Кроме того, с помощью тяжелого отвеса проверяют совпадение центра смонтированного пояса с центром доменной печи, закрепленным на фундаменте, а с помощью нивелира — горизонтальность и отметку верхней кромки пояса. При приемке кожуха доменной печи факти-

ческие отклонения геометрических размеров и форм стальных конструкций ограничивают следующими предельными величинами, мм:

эллиптичность, характеризуемая наибольшей разностью диаметров ( $D$ ) царг . . . . .	0,003 $D$
смещение центров царг, расположенных на отметке $H$ , по отношению к центру мораторного кольца или нижнего уровня распара, расположенных на отметке $h$ . . . . .	0,002 ( $H-h$ ), но не более 30
смещение центра верхнего колошниково-го фланца по отношению к центру мораторного кольца или нижнего уровня распара . . . . .	30
разность отметок любых точек верхней плоскости колошниково-го фланца	3
отметка кромок вырезов в кожухе шахты для горизонтальных холодильников . . . . .	2

Приведенные предельные отклонения характеризуют пределы суммарной погрешности разбивочных и сборочных работ, поэтому погрешности собственно измерений как при разбивочных работах, так и при контрольных измерениях, должны быть хотя бы в два раза меньше указанных величин, а это требует повышенного внимания к точности измерений.

При монтаже кожухов воздухонагревателей, пылеуловителей и других аналогичных конструкций правильность установки каждой царги проверяют: по высоте — нивелиром, на эллиптичность — рулеткой, на вертикальность — тяжелым отвесом.

Действительные отклонения геометрических размеров и формы кожуха воздухонагревателя ограничивают следующими предельными отклонениями, мм:

смещение центра купола по отношению к центру днища . . . . .	30
эллиптичность, характеризуемая наибольшей разностью диаметров ( $D$ ) царг . . . . .	0,003 $D$
депланация кромок в продольных (вертикальных) и в кольцевых стыках при толщине ( $d$ ) оболочки . . . . .	0,1 $d$ , но не более 3
местное искривление оболочки по образующей и кольцевому очертанию, измеряемое шаблоном длиной 1500 мм . . . . .	не более 15
западание или выпучивание стыков,	

измеряемое шаблоном длиной 200 мм  
отклонение вертикальной оси кожуха  
и вертикальных стенок от проектно-  
го положения на высоте  $H$  . . . . .

5

0,001 $H$ ,  
но не более 30

Основными геометрическими параметрами, контролируемые при монтаже колошниковой площадки, являются горизонтальность балок площадки, проверяемая нивелированием, и расстояния между осями стоек по низу и по верху, определяемые линейными промерами.

Предельные отклонения от проектного положения конструкций колошникового копра, мм:

смещение осей рам от их проектного положения	20
отклонение отметок верха подбалансирных балок	
площадки копра от проектных	$\pm 20$
негоризонтальность балок на 1 м длины	3

Конструкция и технологическое оборудование доменной печи, воздухонагревателей, пылеуловителя, наклонного моста, газоочистки и других сооружений представляют собой весьма специфический производственный комплекс, возведение которого требует длительного времени (5—10 лет).

#### *Вопросы для повторения*

1. *Какая связь между точностью измерений и допуском монтажа конструкций?*

2. *В чем особенность свободного метода монтажа и относительно каких ориентиров обеспечивается в нем точность установки конструкций?*

3. *Где и как наносятся монтажные риски на колоннах?*

4. *Какие риски называют ориентирными, а какие установочными?*

5. *Как и где размечают установочные осевые риски на балках, ризелях, прогонах, стропильных фермах?*

6. *Какие способы ориентирования низа и верха сборных элементов при монтаже применяют и каковы их особенности?*

7. *В чем заключается подготовка фундаментов к укладке опорных плит, какие контрольные измерения и каким инструментом выполняют?*

8. *Какие установлены допуски на монтаж опорных плит, какими средствами и как производят выверку плит?*

9. *Какие измерения сопровождают монтаж стальных колонн производственных зданий и каковы допуски на их установку?*

10. *Каковы порядок выверки (контроля) положения сборных железобетонных колонн производственных зданий и допуски их монтажа в плане и по высоте?*

11. *Какие измерения и какими инструментами выполняют при приемке колонн?*



12. Как и относительно каких ориентиров определяют смещение нижнего сечения колонн и отклонение их от вертикали?

13. Какая последовательность измерений при исполнительной съемке колонн?

14. Какие измерения выполняют при установке панелей, каковы допуски на их монтаж?

15. Какие геометрические параметры и какими средствами их контролируют при монтаже ригелей, ферм и плит перекрытий и покрытий?

16. Какие требования по геометрическим размерам и форме предъявляются при приемке резервуаров и газгольдеров?

17. Какими средствами и методами выполняют контрольные измерения при возведении и приемке листовых конструкций?

18. Какая последовательность измерений при возведении и приемке конструкций башенного типа?

19. Какими предельными отклонениями от проектного положения нормируются погрешности монтажа конструкций мачт и башен?

20. Как и чем контролируют геометрические размеры и форму стальных конструкций при приемке кожуха доменной печи?

21. Как и чем контролируют геометрические размеры и форму кожухов воздухонагревателей и пылеуловителей?

## ГЛАВА X. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ МОНТАЖА ПОДКРАНОВЫХ ПУТЕЙ

### 45. Общие сведения о кранах

В строительстве применяют большое число грузоподъемных кранов, которые передвигаются по специальным рельсовым путям. Их классифицируют по конструкции, назначению и способу перемещения грузов. Приведем основные типы таких кранов и их характеристики.

*Башенный кран* — стреловой поворотный грузоподъемный механизм, перемещающийся по наземному подкрановому пути. Такие краны имеют следующие основные параметры:

грузоподъемность . . . . .	0,5—75 т
вылет крюка . . . . .	до 40 м
высота подъема . . . . .	до 80 м
скорость передвижения . . . . .	до 40 м/мин
ширина колеи . . . . .	2,5—10 м

*Мостовой кран* — грузоподъемный механизм для внутрицехового и внутрискладского транспорта, перемещающийся по надземному подкрановому пути, установленному на подкрановых балках, которые опираются на консоли колонн или отдельные подкрановые стойки. По раме дви-

гается грузовая тележка, осуществляющая транспортировку грузов поперек цеха или площадки.

Такие краны имеют следующие параметры:

грузоподъемность . . . . .	1—500 т
длина пролета . . . . .	4—42 м
скорость передвижения . . . . .	до 120 м/мин

*Козловой кран* — грузоподъемный механизм, у которого горизонтальное пролетное строение опирается на две опоры, перемещающиеся по наземным рельсовым путям. Такие краны имеют следующие основные параметры:

грузоподъемность . . . . .	1—500 т
длина пролета . . . . .	4—32 м
скорость передвижения . . . . .	20—50 м/мин

В последнее время на строительстве высотных зданий стали применять *пристенные башенные краны*, башня которых устанавливается неподвижно на специальный фундамент и крепится к последнему анкерными болтами. С увеличением высоты возводимого здания башню крана наращивают и крепят специальными кронштейнами к колоннам каркаса здания. Это обстоятельство требует точной разбивки положения крана с обязательной привязкой к осям и отметкам возводимого здания. Тщательный инструментальный контроль должен выполняться при возведении фундамента башни крана и при установке фундаментных болтов, иначе могут возникнуть трудности при креплении башни крана к конструкциям возводимого здания.

Существуют и другие типы кранов, но все они обычно имеют наземные или надземные подкрановые пути, методика контрольных измерений геометрических параметров которых имеет некоторое различие.

Безопасность работы и нормальные условия эксплуатации грузоподъемных кранов на рельсовом ходу, долговечность и надежность подкрановых конструкций в значительной мере зависят от соблюдения проектной геометрии подкрановых путей.

#### **46. Требования к геометрическим параметрам подкрановых путей**

Действительные геометрические параметры подкрановых путей, как правило, отличаются от проектных. В период монтажа на них влияют погрешности разбивочных работ, изготовления сборных элементов, а также погрешности уста-

## Х.1. Полушпалы и рельсы, применяемые для устройства подкрановых путей

Давление на ходовое колесо, кН	Полушпалы длиной 1375 мм		Рельсы	
	тип	расстояние между осями, мм	тип	ГОСТ

### Секция ( $l=12,5$ м) с деревянными полушпалами

Свыше 15 до 200	1А, 1Б	550	Р43	7173—54
» 200 до 230	1А, 1Б	550	Р50	7174—75
» 230 до 280	1А, 1Б	550	Р65	8161—75

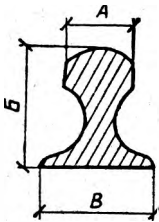
### Секция деревометаллическая

Свыше 150 до 210	1А, 1Б	570	Р43	7173—54
» 210 до 280	1А, 1Б	570	Р50	7174—75

новки элементов путей в проектное положение и т. п. В процессе эксплуатации подкрановых путей на их геометрию влияют осадки основания, деформации путей из-за воздействия нагрузки от работы крана, износа рельсов и других причин.

**Наземный подкрановый путь.** При сооружении рельсовых наземных путей используют сборные инвентарные сек-

## Х.2. Характеристики рельсов

Профиль	Тип рельса	Размеры, мм			Масса 1 м длины (без отверстия), кг
		А	Б	В	
	Р43	70	140	114	44,6
	Р50	72	152	132	51,6
	Р65	75	180	150	64,64

### Х.3. Величина допустимого износа головки рельса, мм

Вид износа головки рельса	Р65	Р50	Р43
Вертикальный	10	9	8
Горизонтальный	13	11	10
Приведенный:			
при приемке	11	9	8
при эксплуатации	15	12	12

ции длиной 12,5 м, изготавливаемые в виде звеньев с деревянными полушпалами, звеньев из деревометаллических секций или с железобетонными балками. При этом шпалы, полушпалы и рельсы подкранового пути должны соответствовать допустимому давлению на ходовые колеса крана (табл. Х.1).

Расстояния между осями полушпал должны соответствовать величинам, указанным в табл. Х.1, а предельные отклонения от них должны быть не более  $\pm 80$  мм.

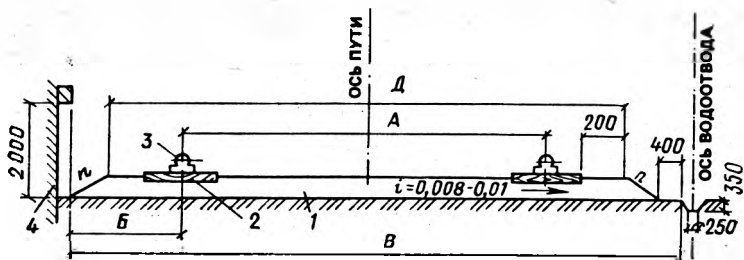
Для эксплуатации башенных кранов с восемью ходовыми колесами и нагрузкой от колеса на рельс до 300 кН предназначены инвентарные секции с железобетонными балками.

При устройстве путей применяют рельсы, основные характеристики которых, включая геометрические параметры, даны в табл. Х.2. Величина кривизны рельса в горизонтальной плоскости не должна быть более 0,002 его длины.

Вертикальный, горизонтальный и приведенный износ рельсов не должны превышать величин, указанных в табл. Х.3. При этом приведенный износ головки рельса равен сумме вертикального и половины горизонтального износа.

У наземных подкрановых путей различают нижнее и верхнее строение. Причем к нижнему строению относят земляное полотно и водосток, а к верхнему — балластный слой, опорные элементы, рельсы, рельсовые крепления и другие элементы (рис. Х.1).

Требования к нижнему строению пути в период приемки его в эксплуатацию несколько отличаются от требований, предъявляемых во время эксплуатации. Так, площадка под подкрановый путь в период ее приемки должна иметь одностатный поперечный уклон в сторону водоотвода в пределах 0,008—0,01 (8—10 мм на 1 м) и продольный уклон не более 0,003 (3 мм на 1 м).



**Рис. X.1. Наземный подкрановый путь**

А — размер колеи; Б — минимальное расстояние от выступающей части здания, штабелей груза или других предметов; Д — ширина призмы полотна наверху; 1 — балластная призма; 2 — полушпала; 3 — рельсы; 4 — стена здания; л — откосы боковых сторон

Водоотвод должен иметь трапециевидальный поперечный профиль глубиной 0,35 м и шириной по дну 0,25 м с откосами 1 : 1, а для песчаных грунтов 1 : 1,5. Уклон для водоотводных канав должен быть 0,002—0,003 (2—3 мм на 1 м).

Требования, предъявляемые к верхнему строению пути:

расстояние от нижнего края балластной призмы подкранового пути до края дна котлована должно быть не менее 1,5 глубины котлована плюс 400 мм для песчаных и супесчаных грунтов и не менее глубины котлована плюс 400 мм для глинистых грунтов;

минимальное расстояние от выступающей части здания до оси ближнего рельса, а зависимости от типа крана, должно быть не менее величин, указанных в табл. X.4. Откосы боковых сторон балластной призмы должны быть 1 : 1,5. Рекомендуется устраивать отдельные балластные призмы с шириной поверху 1750 мм;

размер и предельное отклонение колеи башенного крана, разность отметок рельсов на допустимом поперечном уклоне, минимальный радиус криволинейного участка пути, ширина земляного полотна, толщина балласта под полушпалами не должны отличаться от величин, указанных в табл. X.4, для соответствующего башенного крана.

Специальными расчетами и исследованиями установлены, а практикой устройства и эксплуатации подкрановых путей проверены приведенные в табл. X.5 для различных типов кранов предельные отклонения геометрических параметров путей, которые не нарушают существенно условия работы

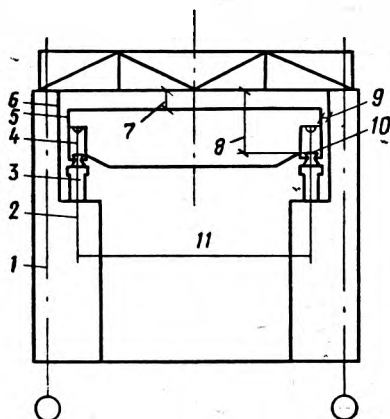
#### Х.4. Требования к геометрическим параметрам наземных подкрановых путей

Кран	Нагрузка от колеса на рельс, кН	Размер колеи и предельное отклонение, мм	Разность отметок на поперечном уклоне, мм		Минимальный радиус криволинейного участка пути, м	Минимальное расстояние от выступающей части здания до оси рельса, мм	Ширина земляного полотна, мм	Глинистый (суглинистый) грунт	
			при укладке	при эксплуатации				расстояние между осями полушпал, мм	толщина балласта, мм
МБТК-80	12	5000±5	20	50	6	2000	8450	600	100
МСТК-90	13,5	5000±5	20	50	6	2000	8450	550	100
КБ-60	14	4000±4	16	40	6	1800	7250	500	100
МСК-5-20	16	4000±4	16	40	6	2300	7900	500	190
КБк-100.1	16,5	4500±5	18	45	7	1950	8100	500	190
МБСТК-80/100	16,8	5000±5	20	50	6	2000	8600	500	200
КБ-100	18,8	4500±5	18	45	7	1950	8150	500	230
МСК-8/20	19	5000±5	20	50	6	2300	8950	500	240
(МСК-7,5/20)									
КБ-100.0, решетчатый	20	4500±5	18	45	7	1950	8250	500	250
КБ-100 ОС, КБ-100.1	20	4500±5	18	45	7	1950	8250	500	250
МСК-3-5-20	21	4000±4	16	40	25	2000	7450	700	100
МСК-5-20А	21	4000±4	16	40	7	2300	8000	500	250
КБ-100. ОМ	21	4500±5	18	45	7	1950	8200	500	270
С-464	21,6	4000±4	16	40	7	2200	7900	500	260
КБ-100.2	21,8	4500±5	18	45	7	1950	8200	500	260
МЗ-5-10	22,8	6000±6	24	60	—	1300	9000	500	260
КБ-306 (С-981)	23,9	4500±4	18	45	7	2050	8150	500	250
С-981А	24	4500±4	18	45	8,5	2050	8250	500	250
МСК-10-20	24	6500±7	26	65	8	2000	10300	500	250
(МСК-7-25)									
БКСМ-5-5А	24,2	4500±5	18	45	12	1300	7500	500	260
БКСМ-7-9	24,8	6000±6	24	60	25	1300	9000	500	240
МСК-250	25	7500±8	30	60	10	1450	10600	500	250
БКСМ-5-9	25,6	4500±5	18	45	12	1300	7450	500	250
КБ-160.2, КБ-160.4	26	6000±6	24	60	7	1700	9450	500	300
КБ-404 (КС-250)	26,2	6000±6	24	60	7	2000	9750	500	300
БКСМ-5-10 (Т-223)	27	6000±6	24	60	25	1400	9150	500	300
КБк-160.2	26,8	6000±6	24	60	7	1700	9450	500	300
БКСМ-7-5	27,6	4500±5	18	45	12	1300	7550	500	300
КБ-405	29,15	6000±6	24	60	7	1700	9700	500	450

### Х.5. Предельные отклонения от проектного положения рельсов подкрановых путей при укладке и эксплуатации \*

Предельное отклонение	Мостовые краны	Башенные краны	Козловые краны	Портальные краны	Мостовые перегружатели
Разность отметок головок рельсов в поперечном сечении: на опорах	15/20	В зависимости от типа крана 16—30/ 45—65 (под нагрузкой)	10/15	15/30	20/30
в пролете	20/25		—	—	—
Разность отметок рельсов на соседних колоннах (по длине рельса) при расстояниях $L$ между ними, мм:					
менее 10	10/15	—	—	—	—
10 и более	$0,001 L/20$ , не менее 15 мм	—	—	—	—
Расстояние между осями крановых рельсов	10/15	4—8/4—8	8/12	5/10	30/40
Взаимное смещение торцов стыкуемых рельсов:					
в плане	2/3	2/2	1/2	1/3	1/2
по высоте	2/3	3/3	1/2	2/3	1/2
Отклонение рельса от прямой линии (для мостовых кранов на участке 40 м, для башенных — 10 м, остальных — 30 м)	15/20	20—25/ 20—25	15/20	15/20	15/20
Зазоры в стыках рельсов (при температуре 0°C и длине рельса 12,5 м. При изменении температуры на каждые 10°C допуск изменяется на 1,5 мм)	4/4	6/6	6/6	6/6	6/6
Разность отметок головок рельсов на длине 10 м пути	—	30/100	20/30	15/20	20/30

\* До черты даны величины предельных отклонений положения рельсов при укладке, после черты — во время эксплуатации.



**Рис. X.2. Основные параметры кранового оборудования**

1 — продольная ось колонны; 2 — ось катков крана; 3 — подкрановая балка; 4 — каток крана; 5 — торец крана; 6 — внутренняя грань верхней части колонны; 7 — расстояние от верха крана до низа стропильной конструкции; 8 — крановый габарит здания; 9 — расстояние от торца крана до внутренней грани верхней части колонны; 10 — головка рельса; 11 — пролет крана

крана. При этом для путей козловых кранов пролетом более 30 м предельные отклонения следует принимать по нормам, указанным для мостовых перегружателей.

Размер колеи проверяют в средней части каждого рельса и зоне болтового стыка на всем протяжении рельсового пути.

Прямолинейность рельсового пути проверяют натянутой вдоль головки рельсов струной или створным визированием зрительной трубы теодолита. При этом фактические отклонения от прямолинейности должны быть не более 20 мм на длине 10 м для кранов с жесткой ходовой рамой и 25 мм — с балансирными ходовыми тележками.

Горизонтальность головок рельсов на всем протяжении пути проверяют геометрическим нивелированием с установкой рейки в средней части каждого рельса и зоне болтового стыка. Продольный уклон пути не должен быть более 0,003 (3 мм на 1 м), а поперечный — не более 0,004 (4 мм на 1 м). Для стоянки же крана в нерабочее время предусматривают одно звено длиной 12,5 м с поперечным и продольным уклонами не более 0,002 (2 мм на 1 м).

**Надземный подкрановый путь.** Основные геометрические параметры кранового пути и крана показаны на рис. X.2, а основные характеристики мостовых кранов приведены в табл. X.6.

Путь мостового крана состоит из подкрановой балки, рельсов и других элементов. Рельсы устанавливают на стальные или железобетонные подкрановые балки.



## Х.6. Основные характеристики мостовых кранов

Грузоподъемность	Пролет крана, м	Крановый габарит здания	Габарит крана от оси головки рельса, мм		Тип рельса
			вверх	наружу	
10 20/5 30/5 50/10	На 1,5 м менее пролета здания	2250 2650 2950 3350	1900 2400 2750 3150	260 260 300 300	КР70  КР80
80/20 100/20	На 2 м менее пролета здания	4000 При пролете 30—36 м 4400	3700 4000	400 400	КР100 КР120
200/32  250/32 320/32	На 2,5 м менее пролета здания	5200 При пролете 36 м: 5600 6300	4800  5200 5900	500	КР120
350/75+10	На 3 м менее пролета здания	6400 При пролете 36 м 6800	6100  6500	500	КР140
500/125+10	На 3 м менее пролета здания	7400 При пролете 36 м 7800	7100  7500	650	КР140

Крановые пути выполняют из железнодорожных рельсов для кранов грузоподъемностью до 20 т и из специальных крановых рельсов для кранов большей грузоподъемности (табл. X.7).

Крепление железнодорожных рельсов типа Р38 и Р43 выполняется на крюках, а крановых рельсов типа КР50 — КР140 — на планках. При установке рельса на железобетонную балку прокладывают упругую прорезиненную ленту толщиной 8—10 мм. Смещение оси рельса с оси подкрановой балки не должно превышать для железобетонных балок 20 и для стальных балок 15 мм.

### Х.7. Основные размеры крановых рельсов, мм

Тип рельса*	$a$	$b=c$	$d$	Обозначение
КР50	50	90	20	
КР60	60	105	24	
КР70	70	120	28	
КР80	80	130	32	
КР100	100	150	38	
КР120	120	170	44	
КР140	140	190	50	

\* Цифра в обозначении типа рельса — ширина его головки в мм.

После окончания монтажа крана согласно СНиП должна быть выполнена геодезическая проверка геометрии подкрановых путей и составлены соответствующие исполнительные чертежи, которые прилагают к акту приемки пути.

Лучшей траекторией движения мостовых кранов будет прямая линия, параллельная оси пути, так как в этом случае нагрузки от кранов и поднимаемых ими грузов равномерно распределяются на подкрановые конструкции. Для обеспечения этого условия подкрановые балки и рельсы необходимо устанавливать и закреплять горизонтально и параллельно между собой в пределах допустимых отклонений, не влияющих на нормальную эксплуатацию, а расстояние между их осями должно соответствовать (в пределах допуска) проектной длине пролета кранов, зависящего от пролета здания и грузоподъемности крана. Поэтому инструментальному контролю подлежат ширина колеи, прямолинейность рельсов, продольный и поперечный уклон пути, а также смещение (эксцентриситет) осей рельсов с осями балок. Совокупность перечисленных параметров, характеризующих геометрию подкранового пути, и будет в основном определять условия работы кранов.

Согласно СНиП смещение продольной оси железобетонной подкрановой балки на опорной поверхности (площадке) колонны от проектного положения не должно превышать  $\pm 8$  мм, а отклонение отметок верхних полок подкрановых балок на двух соседних колоннах вдоль ряда и на двух колоннах в одном поперечном разрезе пролета от проектных не должно превышать  $\pm 16$  мм.

Дополнительно к указанным в табл. X.5 нормам для стальных подкрановых балок и рельсов мостовых кранов установлены следующие предельные смещения, мм:

оси подкрановой балки с продольной разбивочной осью . . . . .	$\pm 5$
оси рельса с оси подкрановой балки . . . . .	$\pm 15$
опорного ребра балки с оси колонны . . . . .	$\pm 20$

Для подвесных кранов требования к геометрии пути регламентируют следующими предельными отклонениями, мм:

разность отметок нижнего ездового пояса на смежных опорах (вдоль пути) независимо от типа крана . . . . .	0,00067L
разность отметок нижних ездовых поясов соседних балок в пролетах в одном поперечном сечении двух- и многоопорных подвесных кранов:	
на опорах . . . . .	6
в пролете . . . . .	10
то же, но со стыковыми замками на опорах и в пролете . . . . .	2
смещение оси балки с продольной разбивочной оси пути (для талей ручных и электрических не ограничивается) . . . . .	$\pm 3$

В промышленных зданиях основными конструктивными элементами, воспринимающими усилия от крана, являются фундаменты, колонны, подкрановые балки и рельсы. Поэтому точность монтажа колонн (вертикальное положение) в некоторых нормативных документах нормируется допуском  $\Delta x_{н.в}$  вертикальности колонн. Как отмечалось, при монтаже низ и верх колонн ориентируют по установочным рискам относительно разбивочных осей, вынесенных на фундаменты. Установочные риски на колонне размечают в ее верхнем и нижнем сечении. Таким образом, неперпендикулярность (наклон) колонн является суммарным влиянием погрешностей разметки осевых рисков на уровне верха и низа колонн  $\Delta x_{р.з}$  и совмещения  $\Delta x_{с.о}$  и  $\Delta x_{с.в}$  их соответственно внизу и наверху с разбивочной осью при установке колонны. Для железобетонных колонн промышленных зданий установлены  $\Delta x_{р.з} = 6$  мм, а  $\Delta x_{с.о} = 10$  мм. Допуск совмещения  $\Delta x_{с.в}$  оси колонны в верхнем сечении с разбивочной осью зависит от высоты колонны. Тогда, с учетом формулы (XII.5), можно рассчитать допуск наклона железобетонных колонн различной высоты  $\Delta x_{н.в} = \sqrt{\Delta x_{р.з}^2 + \Delta x_{с.о}^2 + \Delta x_{с.в}^2}$  (табл. X.8).

**Х.8. Допуски совмещения оси колонны с разбивочной осью  $\Delta x_{с.в.}$  и наклона колонны  $\Delta x_{н.в.}$**

Высота колонны, м	$\Delta x_{с.в.}$	$\Delta x_{н.в.}$ , мм
4—8	40	41
8—16	50	51
16—25	64	65

Приведенные результаты расчета показывают, что на допуск  $\Delta x_{н.в.}$  наклона колонн решающим образом влияет допуск  $\Delta x_{с.в.}$  совмещения оси колонны в верхнем сечении с разбивочной осью, поскольку он в несколько раз больше двух других допусков. Приведенные величины  $\Delta x_{с.в.}$  для колонн указанной высоты установлены СНиП. Следует иметь в виду, что в нормативных документах точность монтажа колонн устанавливается иногда по нескольким отличающимся параметрам. Так, для железобетонных колонн СНиП нормируют смещение осей колонн в нижнем и верхнем сечениях относительно разбивочной оси, для стальных колонн — смещение осей колонн в нижнем сечении относительно разбивочных осей, а в верхнем сечении — отклонение оси колонны от вертикали, т. е. ее наклон. При этом допуск наклона стальных колонн  $\Delta x_{н.в.}$  составляет: при высоте колонн  $H$  до 15 м — 30 мм; при  $H > 15$  м —  $0,002H$ , но не более 70 мм.

Рассмотрим влияние погрешностей технологического процесса на расстояние между осями подкрановых рельсов, уложенных по стальным подкрановым балкам, опирающимся на железобетонные колонны, и пути обеспечения проектной ширины колеи с предельным отклонением  $\delta x = 10$  мм.

Погрешности отдельных операций для данной технологической схемы монтажа ограничиваются допусками разбивки осей  $\Delta x_{р.о} = 12$  мм, совмещения осей колонны в нижнем сечении с разбивочной осью  $\Delta x_{с.о}^к = 10$  мм, наклона колонны на высоте подкранового пути ( $\approx 14$  м)  $\Delta x_{с.в} = 50$  мм, совмещения осей подкрановых балок с рисками на консоли  $\Delta x_{с.о}^{лб} = 10$  мм, совмещения рельсов с осью подкрановых балок  $\Delta x_{с.о}^р = 10$  мм.

Если при монтаже подкрановых балок выверку их положения на консоли осуществлять относительно геометрических осей колонн, а ось рельсов совмещать с осью подкрановых балок, то влияние приведенных допусков на точность

положения установленных в ряду рельсов можно определить путем их квадратичного сложения:

$$\Delta x = \sqrt{\Delta x_{p.o.}^2 + (\Delta x_{c.o.}^k)^2 + (\Delta x_{c.v.}^k)^2 + (\Delta x_{c.o.}^{пб})^2 + (\Delta x_{c.o.}^p)^2} = \\ = \sqrt{144 + 100 + 2500 + 100 + 100} = 54 \text{ мм.}$$

Методические основы таких расчетов точности сборки конструкций изложены в гл. XII.

При независимом контроле положения второго ряда рельсов в пролете аналогичное положение можно ожидать и на нем. Для нахождения суммарного влияния допусков на расстояние между головками рельсов в пролете полученную величину  $\Delta x = 54$  мм для одного ряда рельсов надлежит увеличить в  $\sqrt{2}$  раз, т. е. количественное влияние приведенных допусков на обеспечение проектного расстояния между головками рельсов в пролете составит  $54 \sqrt{2} = 76$  мм.

Следовательно, при монтаже с приведенной точностью сборных элементов методом наращивания относительно геометрических осей ранее установленных элементов можно ожидать, что предельное отклонение проектного расстояния между осями рельсов составит  $\delta x_c = \pm 38$  мм, что, конечно, недопустимо. Из функциональных требований, предъявляемых к данной конструкции и учитывающих условия нормальной эксплуатации крана, следует, что действительные отклонения расстояния между осями подкрановых рельсов одного пролета не должны превышать  $\pm 10$  мм, что отражено в СНиП.

Следовательно, необходимы конструктивные условия и технологические меры для обеспечения собираемости этой конструкции. С этой целью предусмотрена конструктивная возможность при необходимости смещать рельсы с оси подкрановых балок в пределах  $\delta x = \pm 15$  мм. Кроме того, СНиП допускает смещение продольной оси подкрановых балок на опорной площадке железобетонных колонн от проектного положения в пределах  $\delta x = \pm 8$  мм. Эти два предельных отклонения, устанавливающие границы разрешаемых смещений (балки по консоли, а рельса по балке), монтажники используют для компенсации погрешностей производственного процесса для соблюдения проектной ширины колеи с предельным отклонением  $\pm 10$  мм. С учетом изложенного при монтаже подкрановых путей ориентируются не по геометрическим осям ранее установленных элементов (например, колонн), а по проектной оси рельсов

или проектной оси ряда колонн, передаваемых геодезическими методами с требуемой точностью на уровень монтажа подкрановых рельсов. Этот технологический прием позволяет значительно уменьшить влияние погрешностей монтажа колонн на расстояние между осями смонтированных крановых рельсов одного пролета.

#### **47. Разбивка осей подкрановых рельсов**

При устройстве путей для мостовых кранов применяют различные варианты разбивки осей рельсов и переноса их на уровень монтажа подкрановых балок и рельсов. При значительной ширине колеи пути, превышающей длину рулетки, рекомендуется положение оси рельсов определять внизу здания отложением проектных расстояний от продольных разбивочных осей. Полученные в начале и в конце пролета, а также через 50—60 м вдоль пролета точки закрепляют осевыми знаками, а намеченное положение их центров контролируют повторным отложением указанных расстояний между осями. Ранее указывалось, что для обеспечения нормальной работы крана ширина колеи уложенного пути не должна отличаться от проектной более чем на 10 мм. Соблюдение этого требования подразумевает, что предельные отклонения разбивочных работ на уровне подкранового пути должны быть ограничены величиной 5 мм с учетом приведенной в § 39 рекомендации, а на поверхности земли (уровень первоначальной разбивки) — 2 мм. Как видим, разбивка взаимного положения осей рельсов должна выполняться с более высокой точностью, чем даже разбивка осей здания. Практически полученные расстояния между закрепляющими оси рельсов точками в пролете необходимо проверить непосредственным промером компарированной рулеткой с введением соответствующих поправок в ширину колеи с одной стороны пролета, чтобы соблюсти прямолинейность осей. Качество произведенной разбивки проверяют теодолитом способом визирования в створе оси рельсов. Попутно устанавливают в створе дополнительные осевые знаки, закрепляющие ось подкрановых рельсов на земле.

Для установки подкрановых балок и рельсов эту ось с земли переносят на специальные кронштейны из стального уголка, закрепляемые на 0,8—1 м выше верхней полки балки на крайних колоннах в ряду, а также с интервалом 30 м на промежуточных колоннах. При этом кронштейны крепят

к стальным и железобетонным колоннам с помощью специальных хомутов.

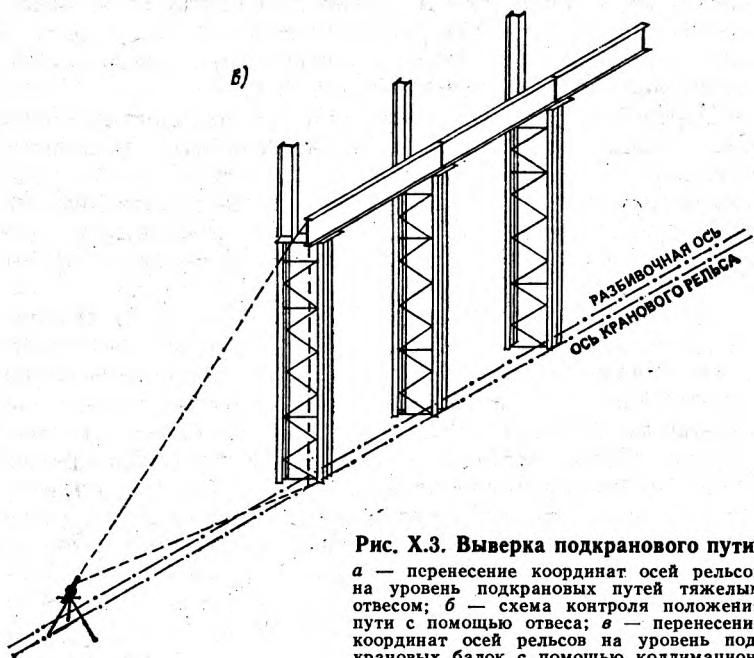
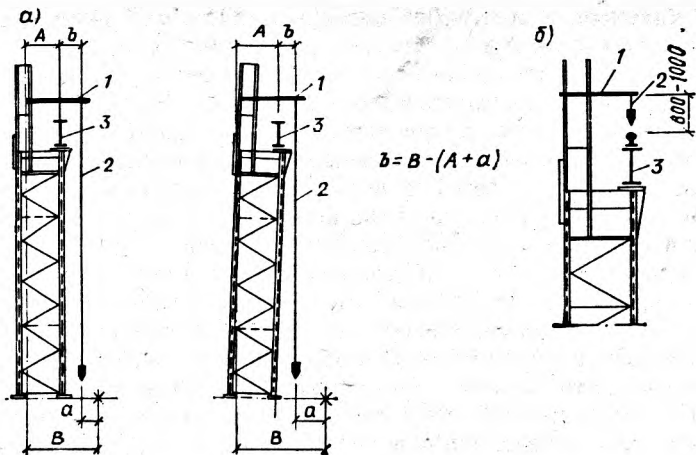
Передачу осей рельсов с уровня земли на уровень путей осуществляют с помощью теодолитов и приборов вертикального визирования, а при высоте колонн до 10 м и при отсутствии ветра — тяжелыми отвесами. В последнем случае в отверстия, просверленные на концах кронштейнов, выступающих на 8—10 см за грань колонн (рис. X.3, а), продевают капроновую нить или тонкую проволоку с подвешенным тяжелым отвесом, опускаемым иногда (для быстрого успокоения) в сосуд с жидкостью. Между соседними осевыми знаками, расположенными около основания колонн, натягивают струну и измеряют линейкой расстояние  $a$  от нее до нити отвеса. Это расстояние с учетом смещения ( $A - B$ ) рельсовой оси с оси у основания колонны используют для определения величины  $b = B - (A + a)$ , которую необходимо отложить на кронштейне от нити подвешенного отвеса, отмечая на кронштейне положение оси рельсов насечкой или пропилом. В дальнейшем при монтаже балок и рельсов по отмеченному на кронштейнах створу натягивают проволоку, с которой опускают отвес, указывающий положение оси рельсов (см. рис. X.3, б).

Перенесение осей рельсов на уровень подкранового пути можно выполнить коллимационной плоскостью теодолита, т. е. наклонным визированием его зрительной трубы. Для этого теодолит центрируют над знаком, закрепляющим ось и расположенным за пределами здания на расстоянии удвоенной высоты ( $h$ ) расположения путей, и ориентируют коллимационную плоскость по створу оси.

Наклоняя зрительную трубу до пересечения биссектора с ребром кронштейна, отмечают на нем карандашом точку. Эту операцию следует выполнить и при втором положении вертикального круга. Среднее положение между двумя полученными точками и будет соответствовать осевой точке рельсов. Затем теодолит переносят на противоположный конец здания и выполняют аналогичную операцию по переносу осевой точки рельсов на кронштейн последней колонны. Прямая, соединяющая эти две вынесенные на кронштейны колонн точки, будет осью рельсов.

Среднюю квадратическую погрешность передачи координат оси ( $\sigma_{pn}$ ) данным способом можно определить по формуле

$$\sigma_{pn} = \sqrt{\sigma_n^2 + \sigma_B^2 + \sigma_{ц.р}^2 + \sigma_{\phi}^2},$$



**Рис. X.3. Выверка подкранового пути**

а — перенесение координат осей рельсов на уровень подкрановых путей тяжелым отвесом; б — схема контроля положения пути с помощью отвеса; в — перенесение координат осей рельсов на уровень подкрановых балок с помощью коллимационной плоскости теодолита; 1 — кронштейн; 2 — отвес; 3 — подкрановая балка



### Х.9. Основные характеристики передачи разбивочных осей

Способ передачи	Допуск $\Delta x_{р.о.}^{вр}$ , мм, для высоты уровня передачи осей, м		
	10	20	30
Теодолитами Т30, Т5 проектирование осуществляется в одной плоскости:			
при одном круге (полу-прием)	6,0	10,4	16,2
при двух кругах (полный прием)	3,6	6,0	8,4
Теодолитом с накладным уровнем (чувствительность уровня $\tau=20''$ )	3,0	3,6	4,2
Приборами ПЗЛ	3,0	3,0	3,0

где  $\sigma_n$  — погрешность влияния наклона оси вращения трубы;  $\sigma_B$  — погрешность визирования;  $\sigma_{ц.р}$  — погрешность центрирования теодолита;  $\sigma_{ф}$  — погрешность фиксирования оси на кронштейне:

$$\sigma_n = 0,5\tau'' h/\rho''; \quad \sigma_B = (20'' \sqrt{2}/v) (D/\rho''),$$

здесь  $\tau$  и  $v$  — соответственно цена деления уровня и увеличение зрительной трубы, указываемые в техническом описании теодолита;  $D$  — длина визирного луча.

Точность передачи разбивочных осей на уровень подкранового пути зависит от применяемых способов перенесения координат и используемых средств измерения (табл. Х.9).

Для повышения точности передачи осей на уровень устройства подкранового пути рекомендуют применять теодолиты с накладным уровнем, а для более точной фиксации оси рельсов на кронштейнах — подвижные визирные марки. При передаче осей на кронштейны их положение, по возможности, отмечают и на ребрах консоли колонн, используя в дальнейшем эти установочные метки для монтажа подкрановых балок.

Перенесение осей способом наклонного визирования зрительной трубой теодолита не всегда обеспечивает требуемую точность соблюдения расстояния между головками рельсов. Поэтому, когда ширина колеи пути превышает длину ру-

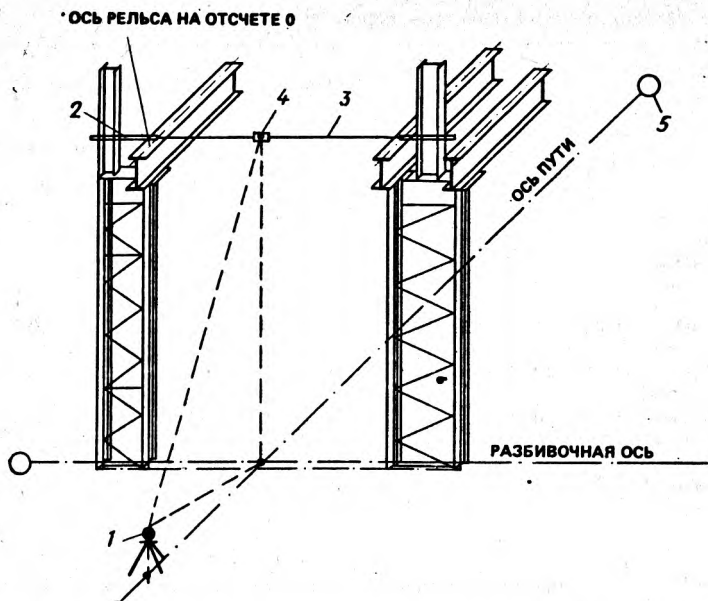


Рис. X.4. Разбивка осей подкранового пути способом отсчетов по рулетке с применением теодолита, установленного на оси пути  
 1 — теодолит; 2 — кронштейн; 3 — полотно рулетки; 4 — визирная марка; 5 — осевой знак пути

летки, а подкрановые пути расположены высоко, для перенесения осей рельсов рекомендуется применять более точный способ оптической вертикали, основанный на использовании специальных приборов типа ПЗЛ (см. § 28).

При ширине колеи, меньшей длины рулетки, разбивку осей рельсов можно производить (рис. X.4) способом отсчетов по рулетке с применением теодолита, зрительная труба которого ориентирована по створу середины пролета (оси пути), обычно закрепляемой знаками при разбивке основных осей здания. В этом случае к каждой паре торцевых колонн (или на участке между температурными швами), но не реже чем через 50 м прикрепляют к колоннам кронштейны, на которые и будут передаваться оси рельсов. Между этими кронштейнами в пролете натягивают рулетку, к полотну которой прикреплена специальная визирная марка на делении, совпадающем с осью пути, когда отсчеты на рулетке совмещены с обеими осями рельсов. При этом учитывают

поправки на компарирование и температуру рулетки (см. § 25), а также на провес полотна рулетки. По указанию наблюдающего в зрительную трубу теодолита полотно рулетки в процессе ее натяжения перемещают так, чтобы визирная марка оказалась в коллимационной плоскости трубы. В этот момент отмечают на обоих кронштейнах положение нулевого деления рулетки и соответствующего отсчета на ее другом конце. Для контроля работы и повышения точности разбивки измерения повторяют, но уже при втором положении вертикального круга. Среднее положение между двумя полученными на каждом кронштейне метками и будет характеризовать положение обеих осей рельсов.

Подкрановые балки рекомендуется монтировать вслед за установкой колонн и временно закреплять их. Конструкция временного крепления балок к колоннам позволяет перемещать их в плане и по высоте при последующей окончательной установке и геодезической проверке положения всех балок в пролете или на участке до температурного шва. При смонтированных балках и при ширине колеи, не превышающей длину рулетки, ось рельса может быть передана с земли только на кронштейны двух крайних колонн однопролетного здания или среднего ряда колонн двухпролетного здания, т. е. только с одной стороны пролета. Затем с помощью стальной прокомпарированной рулетки вторую ось рельсов переносят и закрепляют на кронштейнах противоположного ряда колонн непосредственным откладыванием рулеткой (с учетом поправок на провес  $\Delta l_f$ , на температуру  $\Delta t_t$  и компарирование  $\Delta l_k$ ) расстояния, соответствующего проектной величине колеи. Поскольку в этом случае измерение производится на весу, необходимо предварительно определить стрелу провеса  $f$  рулетки соответствующего интервала. Для этого на земной поверхности на расстоянии, равном откладываемому, на одном уровне рекомендуется забить в землю два кола и третий посередине высотой около 0,5 м. Между крайними кольями поверху натянуть (с усилием, принятым при компарировании) рулетку, а по среднему колу непосредственно линейкой измерить стрелу провеса  $f$  для принятой ширины  $l$  колеи:

$$\Delta l_f = 8f^2 / (3l).$$

Поправка на провес рулетки  $\Delta l_f$  всегда положительна, а при отложении заранее заданного расстояния ее следует добавлять по ходу отложения проектной величины  $l$  колеи.

Поправки  $\Delta l_k$  и  $\Delta t_t$  при измерении могут быть положи-

тельными и отрицательными. При отрицательном значительном значении  $\Delta l_k$  и  $\Delta l_t$  их вводят вперед по ходу откладки заданного размера, а при положительном значении — назад.

Рекомендуется вычислять суммарную поправку  $\Delta l = \Delta l_k + \Delta l_t - \Delta l_f$  и в зависимости от ее знака учитывать так, как указано в § 25. Кроме того, необходимо следить, чтобы натяжение рулетки осуществлялось по динамометру с тем же усилием, как и при ее компарировании, а полотно рулетки располагалось перпендикулярно оси рельсов. После двух-, трехкратной проверки отложенной ширины колеи ось рельсов закрепляют рисккой (меткой) на кронштейнах колонн второго ряда.

Опыт работы показывает, что на отклонение расстояния в пролете между осями подкрановых рельсов значительное влияние оказывают погрешности перенесения разбивочных осей на уровень монтажа балок и рельсов. Поскольку несовмещение осей рельсов и стальных подкрановых балок ведет к появлению кручения верхнего пояса балок, то с целью соблюдения расстояния в пролете обычно производят перемещение балки по консоли стальной колонны. Для уменьшения влияния погрешностей наклонного визирования зрительной трубы теодолита на расстояние между осями рельсов в пролете можно рекомендовать оси переносить только на один ряд колонн, определяя положение разбивочной оси на втором ряду колонн непосредственным откладыванием проектного расстояния между головками рельсов в пролете. При этом измерения следует выполнять компарированной рулеткой с соответствующим натяжением полотна, а также учитывать или устранять его провес. Такая технология определения положения осей подкрановых балок и головок рельсов значительно ослабляет влияние погрешностей наклона колонн на величину пролета между осями подкрановых рельсов. При этом возникает потребность определения дополнительных габаритных параметров, например расстояния от оси головки рельса до внутренней поверхности надкрановой части колонны. Целесообразно для передачи осей по вертикали использовать приборы вертикального проектирования типа ПЗЛ, обеспечивающие высокую точность ( $S = 1$  мм) перенесения осей на вышележащие монтажные горизонты.

Анализ вариантов технологической схемы монтажа подкрановых путей показывает, что при монтаже путей подкрановые балки и рельсы необходимо устанавливать отно-

сительно разбивочных осей, перенесение точек которых с уровня земли на монтажный горизонт рекомендуется осуществлять наклонным визированием теодолитами при небольшой высоте или приборами вертикального визирования (ПЗЛ), обеспечивающими высокую точность измерений.

#### **48. Способы измерения и рекомендуемые инструменты для монтажа подкрановых путей**

Измерения нижнего строения наземного подкранового пути состоят из нивелирования площадки, выполняемого перед устройством земляного полотна, и нивелирования земляного полотна, выполняемого после его возведения. Для этого нивелируемую поверхность разбивают на квадраты со сторонами, равными ширине пути.

Для определения отметок применяют нивелиры Н-3 или другие равноточные инструменты, которые должны быть поверены и при необходимости исправлены. Отсчеты выполняют по двум сторонам (черной и красной) рейки РН-3 при одной установке нивелира или по одной стороне (черной) рейки при двух установках нивелира, с изменением его горизонта.

За исходный пункт принимают репер или любую закрепленную точку, абсолютная высотная отметка которой известна. Допускается принимать отметку исходной точки в условной системе высот. Схема нивелирования показана на рис. X.5.

На исполнительной схеме (рис. X.6 и X.7) показывают размеры земляного полотна, его поперечный и продольный уклоны, величину откосов полотна, размеры и уклоны водоотвода, профиль и размеры земляного полотна на криволинейных участках.

Измерения верхнего строения пути включают исполнительную геодезическую съемку плано-высотного положения пути, выполняемую по полной и сокращенной схеме, или только съемку высотного положения.

Исполнительную съемку по полной схеме выполняют перед сдачей подкранового пути в эксплуатацию. Съемке подлежат:

1. Расстояние от выступающих частей строящегося или существующего здания и сооружения до оси ближайшего к зданию или сооружению рельса.

2. Расстояние от края балластной призмы (нижнего) до края дна котлована.



Рис. X.5. Схема нивелирования полотна (цифрами обозначена последовательность точек нивелирования)

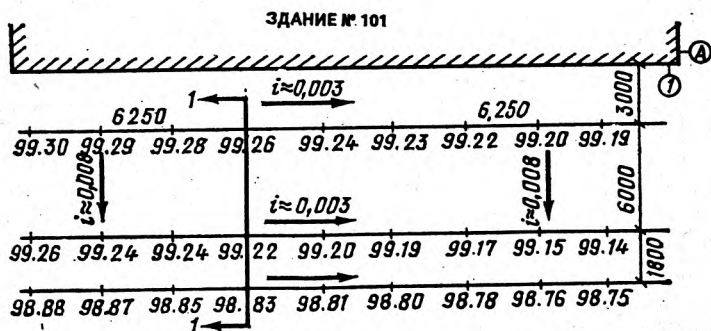


Рис. X.6. Исполнительная схема земляного полотна

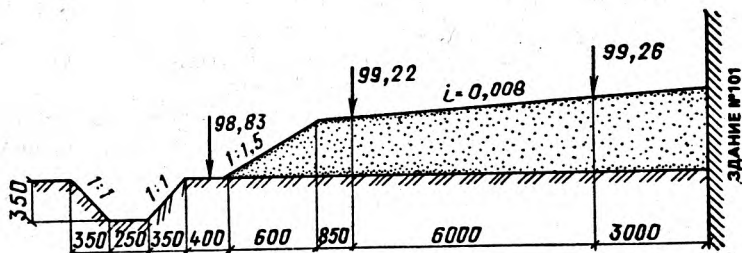


Рис. X.7. Схема поперечного сечения земляного полотна

3. Поперечное сечение одной-двух шпал или полушпал, их длина и расстояние между ними (их осями), а также расстояние между металлическими стяжками.

4. Тип рельса, вертикальный, горизонтальный и приведенный износ головок рельса.

5. Расстояние между рельсовыми стыками и зазоры в стыках.

6. Размер колеи через каждые 6,25 м на всем протяжении подкранового пути.

7. Прямолинейность рельсов подкранового пути.

8. Отметки головок рельсов подкранового пути через каждые 6,25 м.

9. Величина упругой просадки головки рельсов.

Съемку пути по сокращенной схеме выполняют через каждые 20—24 рабочие смены крана. При этом определяют геометрические параметры и записывают результаты в сменном журнале крана по пунктам 6—8. Особое внимание следует обратить на состояние звена для стоянки башенного крана в нерабочее время.

Нивелирование подкранового пути, т. е. съемку его высотного положения, выполняют не реже одного раза в месяц, а в период оттаивания грунта — через 5—10 дней и каждый раз после ливневых дождей.

Измерения геометрических параметров (пункты 1—5), выполняемые рулетками, обычно не вызывают затруднений. Для измерения размера колеи и прямолинейности рельсов (пункты 6 и 7) применяют теодолит, нивелирную рейку и рулетку. На расстоянии  $b = 0,5—1$  м от оси рельса на одном конце пути забивают штырь в точке  $a$  (рис. X.8) и центрируют над ним теодолит. Далее визирную ось зрительной трубы теодолита наводят на второй штырь, установленный на таком же удалении от оси рельса на другом конце пути в точке  $a'$ . Затем прикладывают нивелирную рейку перпендикулярно оси рельса в точках 1, 2, ...,  $n$  и берут по ней отсчеты  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$  по вертикальной нити зрительной трубы теодолита с точностью до 1 мм. В дальнейшем от направления  $aa'$  теодолитом откладывают угол  $90^\circ$  (поочередно в точках  $a$  и  $a'$ ) и на расстоянии 0,5—1 м от оси второго рельса забивают по штырю в точках  $b$  и  $b'$  так, чтобы расстояние  $d$  между точками  $ab$  и  $a'b'$  были равны с точностью до 1 мм. Затем теодолит центрируют над точкой  $b$  и, после наведения зрительной трубы на точку  $b'$ , выполняют такие же измерения и в той же последовательности, как и на точке  $a$ .

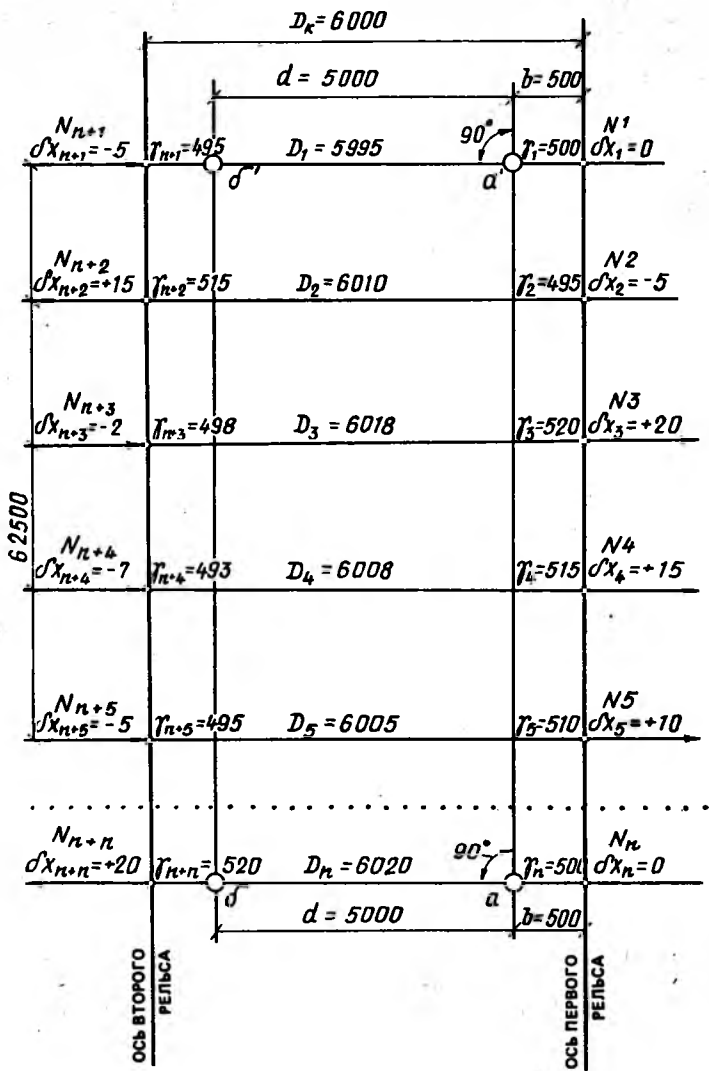


Рис. X.8. Схема измерения прямолинейности рельсов и ширины колес



На исполнительной схеме показывают стрелками направление отклонений рельсов от прямолинейности  $\delta x$  у их стыков и посередине, а над стрелками пишут величину отклонений в мм. Если при отсчете по рейке получена величина  $\gamma < b$  (0,5 м), то направление смещения рельса показывают внутрь пути со знаком минус, а если  $\gamma > b$ , то смещения вычисляют как разность между отсчетами по рейке и расстоянием от оси рельса до теодолита, т. е.  $\delta x_n = \gamma_n - b_n$ . Например, для точки 2 будем иметь  $\delta x_2 = 495 - 500 = -5$  мм, а для точки 3  $\delta x_3 = 520 - 500 = +20$  мм.

Ширину колеи  $D_n$  пути между двумя смежными точками вычисляют как сумму двух измеренных расстояний (отсчетов по рейке  $\gamma_1$  и  $\gamma_{n+1}$ ) и постоянного расстояния  $d$  между направлениями:

$$D_1 = d + \gamma_1 + \gamma_{n+1};$$

$$D_2 = d + \gamma_2 + \gamma_{n+2};$$

.....

$$D_n = d + \gamma_n + \gamma_{n+n}.$$

С учетом полученных результатов измерения будем иметь:

$$D_1 = 5000 + 495 + 500 = 5995;$$

$$D_2 = 5000 + 515 + 495 = 6010 \text{ и т. д.}$$

Для контроля вычислений применяют зависимость:

$$D_1 = D_k + \delta x_1 + \delta x_{n+1}.$$

где  $D_k$  — проектная ширина колеи.

При замере зазоров в стыках рельсов следует учитывать их температуру, поскольку все замеры зазоров должны быть приведены к температуре  $0^\circ\text{C}$ . При этом на каждые  $\pm 10^\circ\text{C}$  отклонения температуры рельсов от  $0^\circ\text{C}$  следует вводить поправку в результаты измерений, равную  $\pm 1,5$  мм на длину рельса 12,5 м. Следовательно, величину зазора  $C$ , приведенную к температуре рельсов  $0^\circ\text{C}$ , определяют по формуле

$$C = q + 0,15t^\circ,$$

где  $q$  — действительный размер зазора, полученный в процессе измерения, мм;  $t^\circ$  — температура рельса в момент измерений,  $^\circ\text{C}$ .

Например, если измерения выполнялись при температуре  $+8^\circ\text{C}$  и зазор в стыке рельсов в плане оказался равным 1 мм, то при  $0^\circ\text{C}$  стык будет иметь зазор, равный 2,2 мм, так как  $C = 1 \text{ мм} + 0,15 \text{ мм} \times (+8^\circ) = 2,2 \text{ мм}$ . Если измерения выполнялись при температуре  $-10^\circ\text{C}$  и зазор в стыке рельсов в плане оказался равным 3 мм, то

на схеме нужно указать величину зазора 1,5 мм, так как  $C = 3 \text{ мм} + 0,15 \text{ мм} \cdot (-10) = 1,5 \text{ мм}$ .

Высотные отметки головок рельсов, измеряемые через 6,25 м (в стыках и посередине рельсов — при их длине 12,5 м), определяют геометрическим нивелированием, как это было рассмотрено для нижнего строения пути.

**Надземные подкрановые пути.** К монтажу подкрановых балок приступают после установки, выверки и окончательного закрепления колонн. Монтируемые балки используют для закрепления колонн, тогда как сама конструкция временного крепления балок к колоннам обеспечивает их перемещение в плане и по высоте.

При предварительной установке балок их положение на консоли определяют промером от осевых рисок колонн или от плоскости надкрановой части колонны. При этом должны быть учтены условия, определяющие геометрическую взаимосвязь подкранового пути мостового крана с несущими строительными конструкциями здания:

расстояние от продольной оси колонн до оси рельса для кранов грузоподъемностью до 50 т назначают 750 мм, для кранов большой грузоподъемности — 1000 мм;

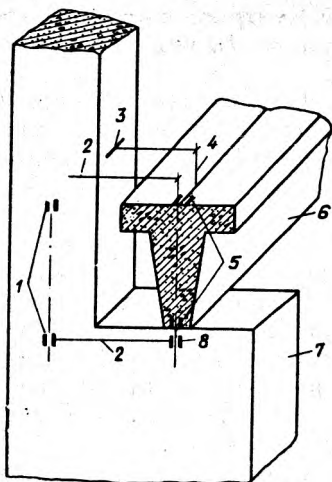
расстояние от внутренней грани надкрановой части колонны до выступающих частей торца мостового крана должно быть для кранов грузоподъемностью 75 т и выше не менее 75 мм; для кранов до 50 т — не менее 60 мм. Это расстояние измеряют при таком положении крана, когда средние осевые плоскости подкранового рельса и колес с данной стороны крана совпадают. При других положениях крана это расстояние может быть меньше, но в таком случае должна быть обеспечена проходимость установленного крана с зазором не менее 25 мм;

допускаемое приближение верха крана к низу вышележащей строительной конструкции должно быть не менее 100 мм для кранов легкого, среднего и тяжелого режимов работы и 250 мм для кранов весьма тяжелого режима работы.

Окончательную установку балок осуществляют относительно разбивочных осей рельсов, вынесенных на кронштейны или подкрановые консоли колонн. По отмеченному на кронштейнах створу натягивают струну, с которой по мере надобности опускают отвес, указывающий положение оси подкрановых балок и рельсов. Допускается при монтаже подкрановых балок плановое положение контролировать измерением смещения геометрических

**Рис. X.9. Схема контрольных замеров и ориентирных рисок**

1 — параллельная выноска от разбивочной оси колонн; 2 — проектный размер от выноски до геометрической оси подкрановой балки; 3 — высотная отметка; 4 — расстояние от отметки до верха балки; 5 — геометрическая ось балки; 6 — подкрановая балка; 7 — колонна; 8 — ориентирная риска (проектная ось подкранового рельса)



осей их низа с осевых ориентирных рисок, размеченных с помощью теодолита на консолях колонн.

Очень часто подкрановые пути монтируют, используя в качестве ориентира смещенную ось рельса (параллель), вынесенную способом бокового нивелирования, закрепленную (рис. X.9) на боковой поверхности колонны на уровне головки рельса. Относительно этой риски в дальнейшем осуществляют выверку подкранового пути в плане путем непосредственных линейных промеров.

Иногда при установке подкрановой балки в проектное положение приходится смещать геометрическую ось низа балки с геометрической оси консоли колонны из-за погрешностей монтажа. Такое смещение для железобетонных подкрановых балок должно быть не более 8 мм. Большие отклонения необходимо согласовать с авторским надзором при составлении акта приемки смонтированных конструкций.

Установку верха балок по высоте также контролируют отмером расстояния от отметки, вынесенной на внутреннюю грань надкрановой части колонны, до верха балки.

Монтажу подкрановых балок должна предшествовать высотная съемка положения консолей колонн. Если полученные отклонения превышают предельные значения, то у авторского надзора должно быть получено конструктивное решение по обеспечению горизонтальности верха монтируемых подкрановых балок. Выравнивание верха консолей обычно выполняют металлическими прокладками.

## **49. Контроль и оформление результатов измерения положения подкрановых балок и рельсов**

Контроль соблюдения проектных геометрических параметров подкрановых путей, как на стадии их сооружения, так и в период эксплуатации, выполняют, как правило, измерениями с помощью геодезических инструментов. Эти измерения должны обеспечить требуемое качество установки подкрановых путей и достоверность определения фактического положения элементов.

Специалист, выполняющий контроль геометрических параметров путей, должен четко знать необходимую точность измерений, параметры, подлежащие контролю, и их предельные отклонения, а также методы измерений и применяемые приборы, обеспечивающие требуемый уровень качества.

Организация разбивочных работ, а также обязанности по выполнению контрольных измерений подкрановых путей регламентируются инструктивно-нормативными документами и могут дополняться соответствующими указаниями строительных министерств и ведомств.

При устройстве подкрановых путей строительная организация (генподрядчик, субподрядчик) обязана выполнить разбивку основных осей и вынести отметки подкрановых путей от пунктов геодезической основы, созданной заказчиком.

При выполнении работ субподрядной организацией генподрядчик обязан до начала работ передать ей по акту геодезическую разбивку основных осей и отметок, закрепленных в натуре.

В процессе строительства генподрядная или субподрядная организация (каждая в соответствии с выполненными ими работами) должна осуществлять контроль, который включает:

инструментальную проверку фактического положения возводимых конструкций в плане и по высоте;

исполнительную геодезическую съемку фактического положения элементов конструкций, закрепленных постоянно по окончании монтажа;

составление и оформление исполнительной схемы плано-высотного положения подкранового пути.

В обязанности генподрядных организаций входят функции выборочного контроля за выполнением субподрядными организациями геометрических параметров проек-

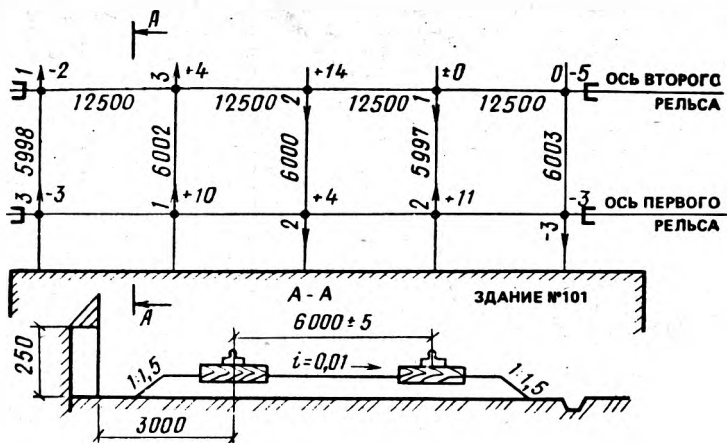


Рис. X.10. Исполнительная схема плано-высотного положения наземного подкранового пути (стрелками показаны направления смещения оси рельса от проектного положения; отклонения отметок головок рельсов от горизонта показаны в мм)

та. Субподрядная организация обязана предоставлять генподрядной организации необходимые материалы и сведения по геодезическим работам.

Исполнительная геодезическая съемка геометрических параметров подкрановых путей строительного-монтажных кранов перед сдачей их в эксплуатацию должна выполняться геодезической службой строительной организации. В процессе эксплуатации подкрановых путей периодические исполнительные съемки обязаны выполнять линейные ИТР, ответственные по приказу за безопасную эксплуатацию кранов и других грузоподъемных механизмов, эксплуатирующихся на подкрановых путях. Линейные ИТР, занятые на исполнительной съемке подкрановых путей, должны пройти соответствующее курсовое обучение и сдать экзамены на право выполнения этих работ. Лица, не сдавшие экзамены, не допускаются к эксплуатации подкрановых путей. Знания линейными ИТР вопросов геодезического контроля подкрановых путей должны проверяться соответствующей комиссией в установленные сроки.

**Наземный подкрановый путь.** Перед сдачей в эксплуатацию наземного подкранового пути выполняют его исполнительную геодезическую съемку с обязательным состав-

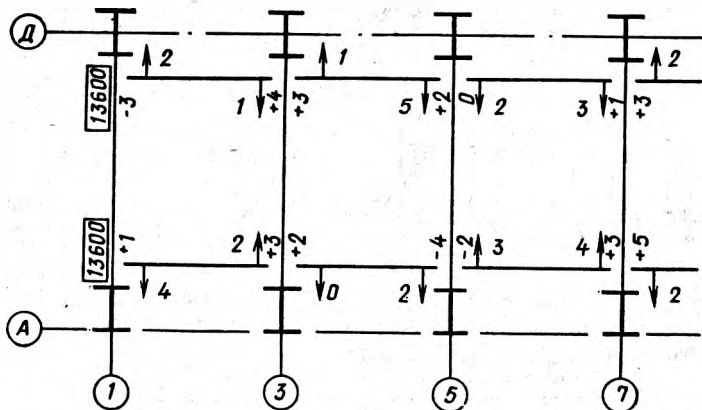


Рис. X.11. Исполнительная схема положения подкрановых балок (в рамках указана проектная отметка верха балок; цифрами около осей отмечены отклонения отметок; стрелки показывают направление смещения конца балок, цифры у стрелок — величину смещения)

лением исполнительной схемы горизонтальности рельсов и поперечного профиля пути, включая его нижнее и верхнее строение (рис. X.10).

При эксплуатации подкрановых путей контрольные съемки выполняют каждые 20—24 рабочие смены с записью результатов измерения в сменном журнале крана. Съемку выполняют производители работ или мастера, ответственные за эксплуатацию путей. В эти же сроки проверяют размер колеи, параллельность рельсов в горизонтальной плоскости, величину упругой просадки, которая измеряется при подъеме максимального груза на крюке крана и угле поворота стрелы в плане относительно оси его пути на  $45^\circ$  без передвижения крана.

Проверка горизонтальности подкранового пути должна проводиться не реже одного раза в месяц и через 5—10 дней в период оттаивания грунта, а также каждый раз после ливневых дождей.

В период эксплуатации подкранового пути происходят изменения геометрических размеров верхнего и нижнего его строения, которые не должны превышать следующих величин:

поперечный или продольный уклон пути — 0,01 (1 см на 1 м);

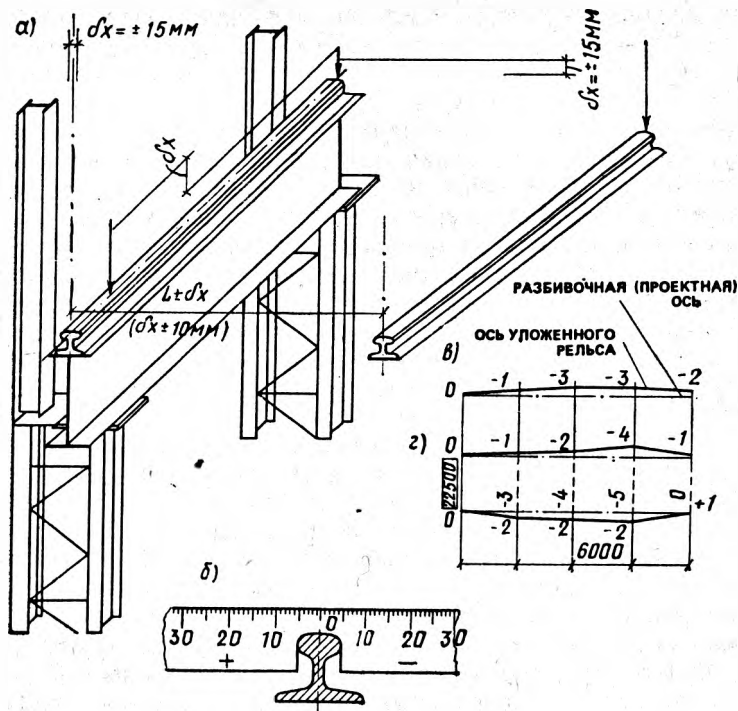


Рис. X.12. Определение фактического положения подкрановых рельсов

а — схема съемки; б — рейка-шаблон, установленная на головке рельса; в — график отклонения подкранового рельса от прямой; г — сводный график положения рельсов в плане

взаимное смещение торцов стыкуемых рельсов в плане — 2 мм и по высоте — 3 мм;

упругая просадка рельсовых путей под колесами крана — 5 мм.

Кроме того, проверяют износ рельсов, а также размер колеи, предельные отклонения которой для различных типов кранов приведены в табл. X.4

**Надземный подкрановый путь.** После выверки подкрановых балок выполняют исполнительную съемку плано-высотного положения каждого их конца. Если фактические отклонения превышают нормативные величины, то выполняют дополнительную выверку подкрановых балок. Учитывая, что повторные выверки весьма трудоем-

ки, следует стремиться устанавливать балки сразу в проектное положение (в пределах допуска). После выверки повторяют съемку подкрановых балок, составляют исполнительную схему (рис. X.11) и, убедившись в правильном положении балок, окончательно закрепляют их по проекту. На выверенные балки по осям, вынесенным на кронштейны или отмеченным на верхнем поясе балок, укладывают рельсы. Положение рельсов проверяют так же, как и положение подкрановых балок. Рельсы часто закрепляют на подкрановых балках до их подъема и производят их совместный монтаж и выверку описанным способом. Положение рельсовых путей окончательно проверяют в плане и по высоте после монтажа всех несущих и ограждающих конструкций, а по результатам съемки (рис. X.12,а) составляют исполнительную схему.

Выверку в плане оси уложенных подкрановых рельсов допускается выполнять установленным в створе оси на уровне подкрановых путей теодолитом. Ориентируя зрительную трубу теодолита по рельсовой оси, визируют ее на специальную рейку-шаблон (см. рис. X.12,б), укладываемую на головку рельса так, чтобы ее нулевое деление совмещалось с осью рельса. Отсчет, взятый по рейке вертикальной нитью сетки зрительной трубы теодолита, и будет характеризовать смещение геометрической оси установленного подкранового рельса с осевого створа. Отсчеты берут по осям колонн, но не реже чем через 6 м. По результатам этой съемки иногда для наглядности составляют график (см. рис. X. 12, в) смещения оси рельса, на котором для выразительности горизонтальные расстояния вдоль пути откладывают в масштабе 1 : 500, а величины смещений — в масштабе 1 : 1. Прямолинейность пути одного ряда допускается устанавливать теодолитом как по оси головки рельса, так и относительно разбивочных осей, закрепленных, чаще всего, открасками на плоскостях колонн способом бокового нивелирования.

При боковом нивелировании теодолит обычно устанавливают на некотором удалении от оси колонн (см. рис. IX.11). На другом конце здания горизонтально прикладывают рейку нулевым делением к риску, фиксирующей разбивочную ось, и ориентируют зрительную трубу теодолита наведением на отсчет по рейке, равный величине удаления теодолита от разбивочной оси. Затем рейку устанавливают на концах каждой балки, совмещая ее ноль с геометрической осью верхней части



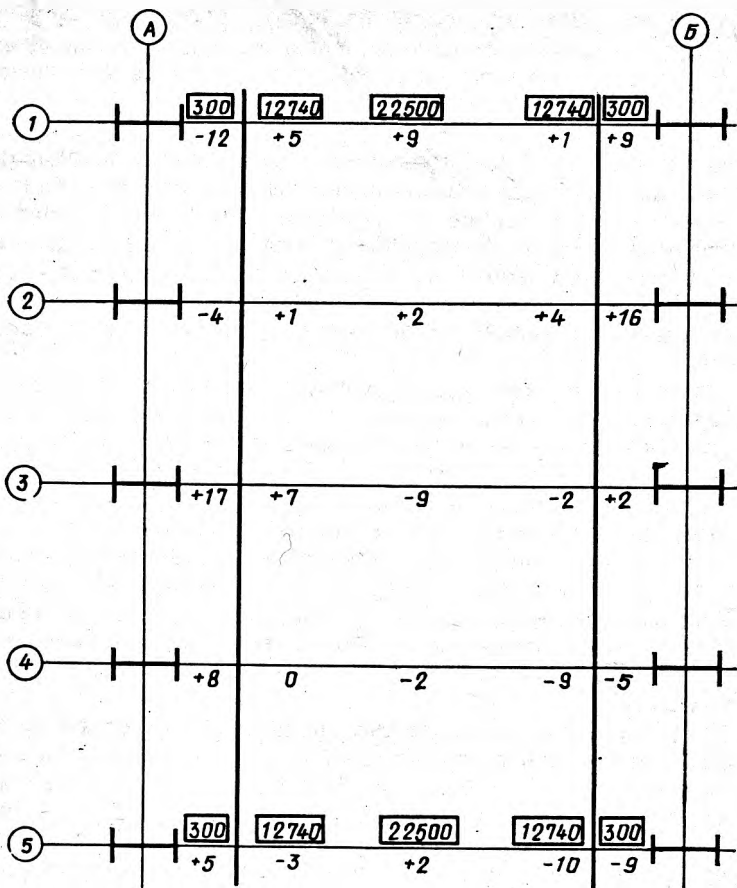


Рис. X.13. Исполнительная схема положения подкрановых путей [в рамках указаны проектное расстояние от грани колонны до головки рельса (300), проектная отметка головки рельса (12740), проектная ширина колес]

балки, и по вертикальной нити сетки зрительной трубы теодолита берут отсчеты по рейке. При съемке пути основание нивелирной рейки рекомендуется совмещать с центром головки рельса с помощью специального шаблона. Отсчеты записывают на соответствующую схему. Аналогичные измерения выполняют на второй точке установки

теодолита. Для контроля измеряют расстояние между точками установки теодолита, которое, будучи сложением с расстоянием от оси колонн до точек установки теодолита, должно дать величину пролета здания.

Высотное положение подкрановых балок определяют геометрическим нивелированием. Для этого устанавливают нивелир, обычно на одной из подкрановых балок, расположенной ближе к середине цеха. Устанавливая нивелирную рейку поочередно на оба конца каждой балки, но не реже чем через 6 м, берут отсчеты, которые записывают в журнал геодезических измерений. Аналогичные работы выполняют и при съемке рельсов подкранового пути.

Расстояние между подкрановыми рельсами в пролете выверяют непосредственным измерением ширины колесной колеи рулеткой. При съемке надземных подкрановых путей применяют различные приспособления, которые облегчают выполнение измерений. Иногда при высотной съемке пути нивелир устанавливают не на подкрановой балке, а на уровне пола цеха. При этом для нивелирования используют специальную Т-образную нивелирную рейку. Установка же нивелира на уровне пола цеха обеспечивает выполнение измерений в более безопасных условиях, чем при работе с нивелиром, установленным на подкрановых путях.

Для съемки подкрановых рельсов в последнее время стали применять лазерные приборы, которые в сочетании со специальной рейкой-палеткой позволяют определять плано-высотное положение рельса в интересующем нас месте при одной установке специальной рейки. Разумеется, применение лазерных приборов и специальных приспособлений требует приобретения инженерно-техническими работниками соответствующих знаний и навыков.

Выполнение измерений в условиях производства требует от исполнителя разнообразных приемов и методов измерений геодезическими приборами.

Результаты исполнительной съемки надкранового пути, оформленные в виде исполнительной схемы (рис. X.13), прикладывают к акту сдачи в эксплуатацию.

*Вопросы для повторения:*

- 1. Какие краны применяют в строительстве, каковы их особенности и основные параметры?*
- 2. Какие факторы влияют на геометрию подкрановых путей при их монтаже и эксплуатации?*

3. Какие требования предъявляют к геометрическим параметрам нижнего и верхнего строения наземных подкрановых путей?

4. Какие наименования и величины предельных отклонений от проектного положения рельсов установлены для мостовых, башенных и других кранов?

5. Какие существуют геометрические параметры пути мостового крана и как их контролируют при его устройстве?

6. Какими предельными отклонениями регламентирована точность устройства пути подвесных кранов?

7. Почему при монтаже подкрановых балок и рельсов точность их положения недостаточно устанавливать относительно геометрических осей колонн?

8. Какое предельное отклонение установлено для расстояния между осями подкрановых рельсов одного пролета и какими конструктивными условиями и технологическими мерами оно обеспечивается?

9. Какие варианты разбивки осей рельсов и перенесения их на уровень монтажа подкрановых балок применяют, каковы их особенности и требуемые измерительные средства?

10. Приведите сравнительные характеристики точности передачи разбивочных осей различными способами и рекомендации по их применению.

11. Какие измерения выполняют и инструменты рекомендуют при устройстве наземного подкранового пути?

12. Какие параметры подлежат исполнительной съемке перед сдачей наземного подкранового пути в эксплуатацию?

13. Как определяют ширину колеи и прямолинейность рельсов подкранового пути?

14. Какие существуют требования геометрической взаимосвязи пути мостового крана с несущими строительными конструкциями здания?

15. Какие измерения выполняют, а инструменты применяют при монтаже подкрановых балок и рельсов?

16. Каковы обязанности ИТР по контролю геометрических параметров подкрановых путей?

17. В чем заключается исполнительная съемка и как составляется исполнительная схема нижнего и верхнего строения наземного подкранового пути?

18. Какие измерения сопровождают исполнительную съемку и как составляются исполнительные схемы положения подкрановых балок и рельсов?

19. Какие способы применяют, а инструменты рекомендуют для выполнения съемок подкрановых путей?

20. Какова последовательность измерений при съемке положения пути способом бокового нивелирования?

## **ГЛАВА XI. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МОНТАЖНЫХ ПРОЦЕССОВ**

### **50. Основные положения**

Для расчета точности сборки конструкций необходимо знать составляющие погрешности изготовления изделий, разбивочных работ и монтажа сборных элементов. При

этом параметры точности технологического процесса могут быть определены статистическим или расчетным методом.

Статистический метод применяют для практической проверки результатов и предположений, основанных на предварительном расчете точности процесса или на обобщенном опыте работы. Для этого метода, как и для статистических исследований вообще, характерно фиксирование результатов законченного процесса, т.е. установление общей картины по контролируемому параметру без вскрытия сущности физических явлений и факторов, влияющих на точность монтажа.

Чтобы судить о распределении технологических погрешностей полного монтажного цикла, рекомендуется статистические исследования точности положения элементов проводить в такой последовательности:

- 1) после установки и выверки конструкций;
- 2) по окончании наложения постоянных связей, в том числе сварки стыков;
- 3) на стадии частичной загрузки (ригелями, плитами) до того, как сняты временные монтажные крепления;
- 4) после снятия креплений, восприятия полной нагрузки и завершения полного цикла монтажных работ.

Сначала определяют влияние принятого метода установки и выверки конструкций на результирующую (суммарную) погрешность монтажа, а также оценивают выбранную схему монтажа и применяемые монтажные средства.

По результатам наблюдений второй стадии можно определить влияние процесса наложения постоянных связей и выполнения сварочных работ на положение конструкций с учетом жесткости монтажного оснащения.

Наблюдения на третьей стадии дают сведения о жесткости монтажного оснащения и его способности сохранять неизменность положения конструкций при силовых воздействиях.

Наблюдения на четвертой стадии представляют информацию о собственной жесткости принятой системы каркаса в целом как пространственно работающей конструкции. По величине этой погрешности судят о правильности выбранной технологии и последовательности выполнения монтажных работ для обеспечения пространственной жесткости и неизменяемости системы каркаса в процессе воздействия.

Однако полученные в результате четырех стадий наблюдений и статистической обработки данных погрешности характеризуют точность только законченных этапов монтажа и не могут в полной мере обеспечить обоснованный прогноз точности и вероятного качества проектируемого монтажного процесса. Поэтому на стадии проектирования технологических процессов используют расчетный метод, некоторые общие правила которого рассмотрены в главе XII.

Статистический метод определения величины погрешностей операций применяют для так называемых свободных процессов, и в частности свободного монтажа, при котором соблюдение заданной точности зависит от квалификации монтажников и многих других условий, не поддающихся аналитическому расчету.

Статистическая оценка геометрической точности монтажного процесса устанавливает действительную точность отдельных монтажных операций, представляющих в совокупности технологический процесс. При этом по действительным отклонениям геометрических параметров при контроле монтажа ограниченного числа конструкций определяют статистические характеристики точности совокупности установленных сборных элементов. Путем сравнения этих выборочных характеристик геометрической точности с установленными нормативными документами, допусками или предельными отклонениями судят о налаженности и точности монтажного процесса.

Оценка точности монтажного процесса выполняется по результатам статистического анализа точности продукции этого процесса.

Основу статистических методов составляет выборочное (статистическое) наблюдение за фактическим положением монтируемых конструкций с последующей математико-статистической обработкой результатов контрольных измерений, позволяющей судить с определенной достоверностью о точности технологического процесса в целом.

При статистических методах оценки качества работы как элемента системы управления возникает потребность определения точности и стабильности выполнения технологических операций при изготовлении и установке крупноразмерных сборных элементов.

Проверку следует проводить для каждого контролируемого параметра в отдельности по установленному перечню показателей точности и стабильности технологических

операций. Для этого образуют выборки, взятые на одном или нескольких объектах, с целью отдельного определения влияния случайных и систематических факторов на качество изготовления элементов или их установки в процессе монтажа.

Контроль качества технологических процессов, а именно, точности изготовления и установки сборных элементов, на современном этапе осуществляется с использованием технических средств измерений.

Под контролем точности геометрических параметров понимают определение посредством измерения степени приближения геометрических размеров изготовленных конструкций к номинальным или фактического положения смонтированных конструкций к проектному.

На основе контроля и результатов статистического анализа:

определяют годность готовой продукции при ее приемке;

получают информацию о точности монтажных процессов и операций для оценки и регулирования их по показателям геометрической точности;

оценивают и сравнивают точность процессов выполнения строительно-монтажных работ по различным технологиям и на разных объектах.

Контролю точности подлежат геометрические параметры элементов и параметры, определяющие положение ориентиров разбивочных осей для установки элементов, а также положение элементов в конструкциях.

Правила контроля точности устанавливаются в зависимости от характера объекта контроля и стабильности монтажного процесса с учетом стоимости контроля.

В стандартах и других нормативно-технических документах, устанавливающих правила контроля, должны быть определены:

контролируемые параметры;

применяемый метод контроля;

план контроля и порядок его проведения;

измерительные приборы и инструменты, схемы измерений, условия и порядок их проведения.

Следует также разрабатывать стандарты предприятия, карты и ведомости контроля и другие технологические документы на процессы и операции контроля, определяющие для конкретных объектов контроля размещение

постов контроля по технологическому процессу, исполнителей; объем и содержание работ по контролю, методики и схемы измерений, правила сбора, обработки и использования информации о результатах контроля.

## 51. Методы и средства контроля

Контроль качества строительного-монтажных работ является неотъемлемой и существенной частью управления строительством. При этом систематизация видов контроля в нашей стране осуществлена по следующим основным признакам:

<i>Признак вида контроля</i>	<i>Вид контроля</i>
Стадия создания и существования продукции	Производственный, эксплуатационный
Этап процесса производства	Входной, операционный, приемочный, инспекционный
Полнота охвата контролем	Сплошной, выборочный, ленточный, непрерывный, периодический
Влияние на объект контроля	Разрушающий, неразрушающий
Применение средств контроля	Измерительный, регистрационный, органолептический, визуальный, технический осмотр

Сущность указанных видов контроля сводится к получению информации:

о фактическом состоянии строительной продукции или процесса, о признаках и показателях их свойств;

о соответствии фактических результатов контроля требованиям проекта СНиПа или ГОСТа.

В процессе монтажа сборных элементов и конструкций выполняют входной, операционный и приемочный контроль точности геометрических параметров посредством сопоставления действительных значений параметров или характеристик точности с установленными.

По результатам *входного контроля* определяют соответствие точности геометрических параметров изготовленных сборных элементов и конструкций, поступающих на монтажную площадку, установленным требованиям.

Целью *операционного контроля* является получение информации о точности выполнения монтажных операций, влияющих на положение собираемых конструкций.

*Приемочный контроль* оценивает соответствие точности геометрических параметров готовой продукции.

В более широком смысле контроль качества в зависимости от стадии производства может быть:

входным — для проверки качества строительных материалов изделий, конструкций, а также проектно-сметной документации;

операционным — для проверки качества монтажных работ по операциям;

приемочным — для проверки качества законченных работ;

инспекционным — для выборочной проверки качества работ.

В контроле качества монтажных работ существенное место занимают технические измерения и, в частности, исполнительная съемка положения установленных конструкций.

Информационное обеспечение охватывает сбор, передачу, прием и хранение информации. Под информацией о качестве процесса возведения зданий и сооружений понимают сведения о соответствии монтажных работ установленным требованиям, о дефектах и причинах, вызывающих их появление (факторах, условиях, влияющих на качество). Обязательным условием является достоверность информации, ее полнота для возможности принятия управленческих решений, регулярность поступления и сопоставимость информации.

Информация о качестве монтажных работ должна поступать после осуществления всех видов контроля и систематически обрабатываться. Периодичность обработки информации устанавливает руководство монтажного управления.

Для установления общего порядка проведения операционного контроля качества монтажных работ во ВНИПИ Промстальконструкция разработаны типовые схемы операционного контроля качества (СОКК), предназначенные для линейных инженерно-технических работников монтажных организаций Главстальконструкции Минмонтажспецстроя СССР. Эти типовые схемы при необходимости привязываются монтажной организацией к конкретным условиям строящегося здания с учетом требований и указаний, изложенных в проекте, и принятых методов и условий производства монтажных работ (рис. XI.1).

Операционный контроль — это проверка положения устанавливаемых конструкций, осуществляемая парал-



СМЕЩЕНИЕ ОСИ РЕЛЬСА С ОСИ ПОДКРАНОВОЙ БАЛКИ—15 мм;  
 РАЗНОСТЬ ОТМЕТОК ГОЛОВЕК РЕЛЬСОВ В ОДНОМ ПОПЕРЕЧНОМ РАЗРЕЗЕ ПРОЛЕТА здания:

НА ОПОРАХ — 15 мм,

В ПРОЛЕТЕ — 20 мм;

РАЗНОСТЬ ОТМЕТОК РЕЛЬСОВ НА СОСЕДНИХ КОЛОННАХ

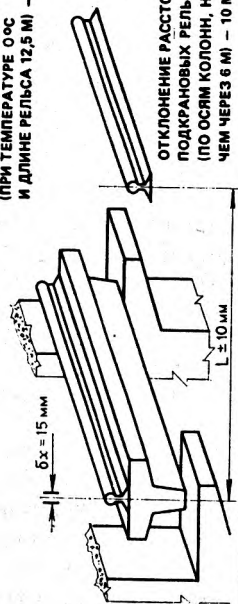
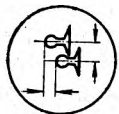
(РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ КОЛОННАМИ L):  
 ПРИ L МЕНЬШЕ 10 м — 10 мм,  
 ПРИ L БОЛЕЕ 10 м — 0,001 L,

НО НЕ > 15 мм;

ОТКЛОНЕНИЕ ОСИ РЕЛЬСА

ОТ ПРЯМОЙ ПО ДЛИНЕ 40 м — 15 мм;

ВЗАИМНОЕ СМЕЩЕНИЕ ТОРЦОВ СТЫКУЕМЫХ РЕЛЬСОВ В ПЛАНЕ И ПО ВЫСОТЕ 2 мм.  
 ЗАЗОР В СТЫКАХ РЕЛЬСОВ (ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 0°С И ДЛИНЕ РЕЛЬСА 12,5 м) — 4 мм



ОТКЛОНЕНИЕ РАССТОЯНИЯ L МЕЖДУ ОСЯМИ ПОДКРАНОВЫХ РЕЛЬСОВ ОДНОГО ПРОЛЕТА (ПО ОСЯМ КОЛОНН, НО НЕ РЕЖЕ, ЧЕМ ЧЕРЕЗ 6 м) — 10 мм

КТО КОНТРОЛИРУЕТ		МАСТЕР			ПРОБАБ	
КОНТРОЛИРУЕМЫЕ ОПЕРАЦИИ	ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ	МОНТАЖ И ВЫВЕРКА РЕЛЬСОВ	КРЕПЛЕНИЕ РЕЛЬСОВ	МОНТАЖ И КРЕПЛЕНИЕ РЕЛЬСОВ		
СОСТАВ КОНТРОЛЯ	СООТВЕТСТВИЕ РЕЛЬСОВ И КРЕПЕЖА ПРОЕКТУ, ОЧИСТКА И СТРОПОВКА	ТОЧНОСТЬ МОНТАЖА РЕЛЬСОВ	ПОЛНОТА ПРОЕКТНОГО КРЕПЛЕНИЯ	ТОЧНОСТЬ МОНТАЖА И СОСТОЯНИЕ ВЫПОЛНЕННОГО КРЕПЛЕНИЯ		
СПОСОБ КОНТРОЛЯ	ВИЗУАЛЬНО, РУЛЕТКА, ЛИНЕЙКА	ТЕОДОЛИТ, НИВЕЛИР, РУЛЕТКА, ЛИНЕЙКА	ВИЗУАЛЬНО	ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СХЕМЕ, ВИЗУАЛЬНО		
ВРЕМЯ КОНТРОЛЯ	ДО ПОДЪЕМА РЕЛЬСОВ	В ПРОЦЕССЕ ВЫВЕРКИ	ПОСЛЕ ВЫВЕРКИ	ПОСЛЕ ЗАКРЕПЛЕНИЯ РЕЛЬСОВ		
КТО ПРИВЛЕКАЕТСЯ		ГЕОДЕЗИСТ				
КАКИЕ СОСТАВЛЯЮТСЯ ДОКУМЕНТЫ		ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СХЕМА				

Рис. XI.1. СОКК монтажа подкрановых рельсов

тельно с выполнением любой монтажной операции. Применение этого вида контроля обеспечивает раннее выявление нарушений технологического процесса, предупреждение дефектов и брака в процессе монтажа, тем самым сокращая непроизводительные затраты и исключая возможность накопления дефектов в процессе производства работ.

Операционный контроль качества, осуществляемый при выполнении основных и вспомогательных монтажных работ, является основным звеном в системе контроля качества строительства и является обязательным для всех монтажных организаций.

Данные операционного контроля используют при регулировании процесса монтажа конструкций.

*Основными задачами операционного контроля качества монтажных работ являются:*

обеспечение соответствия выполняемых монтажных работ требованиям проекта и нормативных документов; своевременное выявление и устранение причин, способствующих возникновению дефектов при производстве работ;

запрещение производства последующих работ до устранения дефектов, допущенных в процессе выполнения предшествующих работ;

повышение ответственности непосредственных исполнителей (рабочих, звеньев, бригад и линейных инженерно-технических работников) за качество выполняемых работ.

Операционный контроль качества монтажных работ должны ежедневно осуществлять бригадиры монтажных бригад и линейные инженерно-технические работники монтажных участков (мастера, производители работ).

К руководству работами по монтажу, сварке и замоноличиванию стыков и к геодезическому контролю допускаются специалисты, имеющие техническую подготовку и прошедшие проверку знаний.

В необходимых случаях к проведению операционного контроля качества привлекают монтажно-сварочную лабораторию, геодезическую службу и специалистов, занимающихся контролем отдельных видов работ.

Операционному контролю должна предшествовать проверка производителями работ и мастерами качества поступающих на монтажную площадку строительных конструкций, материалов и изделий (входной контроль).

Исходными данными для составления СОКК (помимо нормативных документов) являются рабочие чертежи на строительные конструкции зданий и сооружений, пояснительная записка к проекту, проект производства работ, а также данные анализа причин часто повторяющихся дефектов и брака при производстве работ.

Типовые схемы операционного контроля качества содержат:

эскизы конструкций с указанием предельных отклонений, установленных нормативными документами;

перечень операций, выполнение которых производитель работ и мастер должны проверять (контролируемые операции);

состав контроля (что именно проверяется в каждой операции);

способ контроля (как и чем проверяется);

время контроля (когда, как часто проверяется);

перечень скрытых работ, подлежащих сдаче представителям технического надзора заказчика (застройщика) и генподрядчика;

перечень операций, подлежащих контролю с привлечением монтажно-сварочной лаборатории, геодезической службы и т. д.

Наиболее ответственные операции (основные геодезические разбивочные и съемочные работы, установкакладных деталей и сварка, антикоррозийная защита и т.п.), а также подлежащие сдаче заказчику скрытые работы должны контролироваться производителем работ и сдаваться представителям технадзора заказчика и генподрядчика с надлежащим письменным оформлением.

Состав контроля в СОКК установлен на основании требований нормативно-технических документов с указанием, что именно подлежит проверке.

Способы контроля монтажных операций предусматривают рекомендации, как и чем производить проверку, что проверять визуально, а что инструментами и т.п.

Инструменты, применяемые при операционном контроле качества, должны обеспечивать необходимую точность измерений.

В СОКК указывается, для контроля каких операций следует привлекать строительно-монтажные лаборатории, специалистов-сварщиков и геодезистов.

Схемы операционного контроля качества монтажных работ служат рабочим документом при производстве операционного контроля и входят в состав документации комплексной системы управления качеством строительной продукции.

Все выявленные в ходе операционного контроля дефекты (недопустимые отклонения от проектов, стандартов, СНиП) должны быть устранены исполнителями до начала последующих операций. Ответственность за исправление дефектов возлагается на мастеров, производителей работ, с отнесением связанных с этим затрат в установленном порядке за счет лиц, допустивших брак.

Операционный контроль качества монтажных работ осуществляют в соответствии с типовыми схемами операционного контроля качества работ (СОКК), прилагаемыми к ППР или технологическим картам, либо специально разрабатываемыми одновременно с ППР индивидуальными СОКК, являющимися составной частью проектов производства работ.

Начальники, главные инженеры и инженеры по качеству монтажных управлений обязаны организовать действенный операционный контроль и следить за его осуществлением, а также проводить лично выборочный, поэтапный контроль качества выполняемых монтажных работ.

Главные инженеры и инженеры по качеству монтажных управлений обязаны до начала монтажных работ на объекте обеспечить инструктаж линейного инженерно-технического персонала объекта о порядке проведения операционного контроля с соответствующей записью в журнале и подписями прораба и мастера.

Вновь зачисляемые на работу инженерно-технические работники до направления их на производство обязаны пройти инструктаж о порядке осуществления операционного контроля качества работ.

Работники технических служб управлений при посещении объектов обязаны проверять ход осуществления операционного контроля качества.

Результаты проведения операционного контроля рекомендуется отражать в специально введенных дополнительных графах в журналах производства работ.

Если руководство работами по монтажу на площадке (объекте) осуществляет одно лицо (мастер или производитель работ), то он совмещает все контрольные функции согласно СОКК.

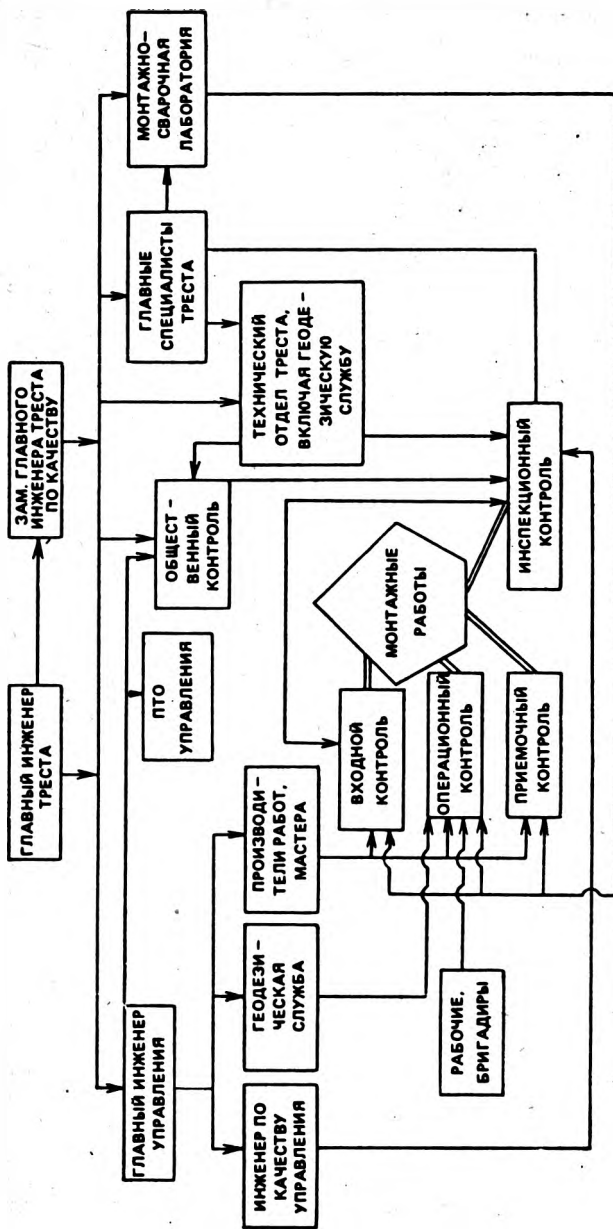


Рис. XI.2. Функциональная схема контроля качества монтажных работ

Рекомендуемая схема организации контроля качества монтажных работ в трестах Главстальконструкция Минмонтажспецстроя СССР, разработанная во ВНИПИ Промстальконструкция, приведена на рис. XI.2.

**Сплошной и выборочный контроль.** В зависимости от требований к достоверности результатов контроля, от стабильности монтажного процесса и числа устанавливаемых конструкций применяют сплошной или выборочный контроль.

При *сплошном контроле* точность геометрических параметров проверяют на каждой монтируемой конструкции, при *выборочном* — на отдельных из них.

В смонтированных конструкциях, принятых по результатам выборочного контроля, может содержаться определенная доля дефектных единиц, допускаемая величина которых в общем объеме характеризуется приемочным уровнем дефектности.

Качество продукции при выборочном контроле оценивают по количественному или альтернативному признаку.

При *контроле по количественному признаку* определяют числовое значение одного или нескольких показателей качества, вычисленных по результатам измерений контролируемых параметров, с последующим сравнением

#### XI.1. Рекомендуемые значения приемочного уровня дефектности

Приемочный уровень дефектности, %	Область применения
0,25; 0,65; 1,5	Параметры, являющиеся звеньями размерных цепей при расчете точности конструкций и обеспечивающие надежность сооружения в эксплуатации, к обеспечению точности которых предъявляются повышенные требования. Нарушение требований и точности таких параметров является критическим дефектом
4,0	Параметры, являющиеся звеньями размерных цепей при расчете точности конструкций, а также не являющиеся звеньями размерных цепей, но влияющие на эксплуатационные свойства объекта контроля. Нарушение требований к точности указанных параметров является значительным дефектом
10,0	Параметры, не входящие в размерные цепи при расчете точности конструкций или пригоняемые по месту. Нарушение требований к точности указанных параметров является мало-значительным дефектом

## Х1.2. Виды, методы и объекты контроля на стадии монтажа

Вид контроля	Объект контроля	Метод контроля
Входной контроль	Проектная документация Ориентиры разбивочных осей, высотные отметки и возведенные фундаменты Элементы сборных конструкций зданий и сооружений, поступающие на строительную площадку Приспособления и монтажная оснастка	— Выборочный по альтернативному или количественному признакам Выборочный по альтернативному признаку. В отдельных случаях — сплошной Сплошной
Операционный контроль (в процессе работ по этапу)	Ориентиры разбивочных осей, высотные отметки опорных плоскостей и установочные ориентиры Элементы сборных конструкций в процессе установки и временного закрепления	Выборочный по альтернативному признаку Сплошной
Приемочный контроль (после выполнения работ по определенному этапу)	Ориентиры разбивочных осей, высотные отметки опорных плоскостей и установочные ориентиры Элементы сборных конструкций после постоянного закрепления, а также их сопряжения	Выборочный по альтернативному признаку Сплошной (исполнительная съемка в соответствии со СНиП)

этих показателей с принятыми ранее допусками. Поскольку при таком контроле применяют инструменты с отсчетным устройством, он даже при сравнительно малых объемах выборок считается наиболее надежным.

При контроле по альтернативному признаку контролируемые конструкции по геометрическим параметрам делятся на годные и дефектные. Решение о годности всей продукции принимается в зависимости от числа дефектных единиц продукции в выборке. Рекомендуемые значения приемочного уровня дефектности, в зависимости от контролируемых параметров приведены в табл. Х1.1

В зависимости от объекта контроля в табл. Х1.2 приведены виды и методы контроля, применяемые на различных стадиях производства.

**Средства контроля.** Все контрольные операции точности геометрических параметров при изготовлении и монта-

же конструкций в основном сводятся к линейным и угловым измерениям.

Контроль размеров конструкций и деталей, расстояний между разбивочными осями, длины площадок опирания, величины зазоров, ширины швов, размера колеи пути и т. д. осуществляют с помощью линейных мер — рулеток, складных метров, металлических линеек, щупов, штангенциркулей, измерительных скоб, калибров и т. п.

Контроль формы конструкций, взаимного положения их поверхностей, разбивочных осей выполняют контрольными угольниками, шаблонами, геодезическими инструментами. Небольшие отклонения поверхностей устанавливаемых конструкций от горизонтального и вертикального положения измеряют и контролируют уровнями.

Контроль положения конструкций и сборных элементов по высоте осуществляется обычно нивелирами с использованием средств линейных измерений.

Вертикальность установки конструкций контролируют зенит-приборами, теодолитами, отвесами, центрирами и специальными рейками.

Для получения контрольных данных о положении зданий, сооружений и их отдельных частей в плане, по высоте и по вертикали измерения выполняют в различных сочетаниях.

При проектировании технологии монтажа сборных элементов назначают средства контроля в соответствии с условиями измерений и особенностями объекта контроля (табл. XI.3). Кроме того, выбор средств измерений определяется и размером контролируемого параметра.

При этом контрольно-измерительные инструменты должны обеспечивать предельную погрешность измерения не более 40 % предельного отклонения при приемке конструкций и 90 % предельного отклонения разбивочных работ.

Для небольших линейных размеров надежный контроль обеспечивают штангенциркули и другие штанген-инструменты.

При определении непрямолинейности и неплоскостности изделий размером до 25000 мм необходимая точность обеспечивается традиционными способами измерений и использованием двухметровой линейки со щупом или индикатором. Для больших размеров используют геометрическое нивелирование.



### XI.3. Средства измерений

Контролируемый параметр	Средства измерений	ГОСТ
Длина, ширина и разности диагоналей изделий	Рулетки типа РВ, РК, РС	7502—80
Толщина изделий	Штангенциркули	165—81
	Линейки измерительные	427—75*
Прямолинейность и плоскостность	Инструментальная (поверочная) линейка	8026—75*
	Нивелиры	(СТ СЭВ 243—75) 10528—76*
	Линейки измерительные	427—75*
Разность длин опирания элементов	Метр складной	—
	Линейки измерительные	427—75*
Перенесение осей по вертикали	Теодолиты	10529—86
	Зенит-прибор	—
	Отвесы	7948—80
Совмещение ориентиров при установке низа элементов	Теодолиты	10529—86
	Линейки измерительные	427—75*
	Отвесы	7948—80
То же, при установке верха элементов	Теодолиты	10529—86
	Зенит-прибор	—
	Отвесы	7948—80

Для уникальных измерений поверхностей до 20 м с погрешностью до 0,5 мм могут применяться оптические струны ДП-477 м и оптические плоскомеры ИС-45 и ИС-49.

Перпендикулярность смежных поверхностей элементов размером до 1600 мм контролируют стандартными слесарными угольниками с набором шупов, а при больших размерах устанавливают косвенно, посредством измерения сторон и диагоналей элемента.

Неравенство площадок опирания элемента определяют метром складным, линейками измерительными, как разность измерений двух длин.

Контрольные измерения выполняют, как правило, поверенным стандартизированным инструментом. Допускается применение нестандартных измерительных средств с обязательной аттестацией их ведомственной метрологической службой.

#### Х1.4. Рекомендуемый нормокomплект средств измерения для монтажного участка

Инструменты и приспособления	Цена деления	Погрешность измерения	Количество
Теодолиты 2Т5, 2Т2, комплект	—	5", 2"	1
Нивелиры Н-3, Н-10, комплект	Уровня 7—20"	3, 5 мм на 1 км хода	1
Рейка нивелирная РН-3, РН-2,1	—	—	2
Рулетки измерительные, металлические длиной, м:			
1	1 мм	0,5 мм	2
10	1 см	3 »	1
20	1 см	4 мм	1
30	1 см	5 »	1
Динамометр (пружинные весы)	—	—	1
Термометр-пращ (бытовой термометр)	—	—	1
Зенит-прибор (комплект)	—	—	1
Отвес тяжелый	—	—	4
Метр металлический складной	1 мм	1 мм	2
Линейки измерительные:			
0,15—0,3 м	0,5 мм	0,25 мм	1
0,5—1,0 м	1 мм	0,25 мм	1
Штангенциркули:			
ШЦ-II (0—200 мм)	—	0,1 мм	1
ШЦ-III (0—500 мм)	—	0,1 мм	1
Брусковый уровень (ГОСТ 9392—75*)	0,06—	—	1
Уровень с микроскопической подачей ампулы (ГОСТ 11196—74*)	0,10 мм/м	—	1
Уровень контрольный (ГОСТ 3059—75*)	0,01 и 0,10 мм/м	—	1
Угольники плоские (ГОСТ 3749—77*) с размерами сторон, мм:	—	—	1
100×100	—	—	1
250×160	—	—	1
400×250	—	—	1
Шупы (ГОСТ 882—75*)	Толщина пластин 0,03—1 мм	0,01	Один набор
Инструментальная (поворотная) линейка (ГОСТ 8026—75*) (СТ СЭВ 243—75)	—	—	2

Примечание. Допускается замена указанных инструментов равноточными.

Контролируемые параметры измеряют в соответствии со схемой (прил.1) и условиями измерения, указанными в технической документации. При этом несоблюдением допуска считается, когда измеренное значение параметра  $x_i$  превышает установленный проектом максимальный  $x_{\max}$  размер или меньше минимального  $x_{\min}$  размера на величину погрешности измерения.

Обеспечить соблюдение точностных требований при разбивочных и монтажных работах, а также в процессе контрольных измерений можно только при наличии на монтажной площадке нормокомплекта приборов и приспособлений, рекомендуемый состав которого приведен в табл.ХІ.4.

Инструментальному контролю сопутствует оценка точности выполнения монтажных операций, заключающаяся в определении уровня качества установки конструкций по контролируемым параметрам.

## **52. Определение действительной точности геометрических параметров при изготовлении и монтаже сборных элементов**

При статистических методах оценки уровня качества работы как элемента системы управления возникает потребность определения точности и стабильности выполнения технологических операций при монтаже конструкций. Проверку следует проводить для каждого параметра в отдельности по установленному перечню показателей точности и стабильности технологических операций. Для этого образуют выборки, взятые на одном или нескольких объектах с целью отдельного определения влияния случайных и систематических факторов на точность установки конструкций.

В качестве основных характеристик действительной точности геометрических параметров принимают координату (смещение) центра группирования отклонений  $\delta x_m$  и среднее квадратическое отклонение  $S_x$ .

Величина  $\delta x_m$  характеризует расположение полученных результатов контрольных замеров относительно номинального значения параметра и определяется как разность между средним действительным  $x_m$  и номинальным  $x_{\text{ном}}$  значениями параметра, т.е.  $\delta x_m = x_m - x_{\text{ном}}$ .

При вычисленных действительных отклонениях  $\delta x_i = x_i - x_{\text{ном}}$  координату  $\delta x_m$  (среднеарифметическое зна-

чение действительных отклонений от номинального размера в рассматриваемой совокупности), представляющую собой систематическую погрешность, определяют по формуле (II.3).

Среднее квадратическое отклонение  $S_x$ , представляющее собой случайные погрешности процесса, характеризует меру рассеивания действительных отклонений  $\delta x_i$  относительно координаты  $\delta x_m$ , и его следует определять по формуле (II.4).

Среднее квадратическое отклонение  $S_x$ , полученное по небольшому числу измерений  $n$ , характеризует стандарт  $\sigma$  с некоторой погрешностью  $S_s$ , величину которой следует определять по приближенной формуле (IУ.7).

Надежность определения среднего квадратического отклонения  $S$  возрастает с увеличением числа измерений, поэтому желательно, чтобы измерений было не менее 10, так как при  $n = 10$  погрешность  $S_s$  уже составляет четвертую часть от  $S$  (см. табл. IУ.2).

Характеристикой точности в строительстве служит также предельное отклонение, связанное со средним квадратическим отклонением  $\sigma$  зависимостью (II.7).

Практически вместо  $\sigma$  берут его приближенное значение  $S_x$ , полученное, как правило, по ограниченному числу измерений  $n$ .

Тогда для определения действительного предельного отклонения  $\delta x_n$  рекомендуется использовать зависимость

$$\delta x_n = t S_x. \quad (XI.1)$$

При  $n \leq 20$  для обеспечения заданной вероятности  $P = 0,9973$  коэффициент  $t$ , зависящий от числа дополнительных измерений  $(n - 1)$ , следует выбирать из табл. IУ.2.

Тогда действительная геометрическая точность монтажа конструкций, с учетом значения  $\delta x_m$ , характеризуется верхним  $\delta_{\max}$  и нижним  $\delta_{\min}$  предельными отклонениями:

$$\delta x_{\max} = \delta x_m + t S_x; \quad (XI.2)$$

$$\delta x_{\min} = \delta x_m - t S_x.$$

Соответственно предельные значения контролируемых параметров составят

$$x_{\max} = x_{\text{ном}} + \delta x_{\max}; \quad x_{\min} = x_{\text{ном}} - \delta x_{\min}.$$

Сведения об инструментальном контроле и полученные в результате статистической обработки количественные

характеристики точности монтажа конструкций целесообразно обобщать по форме, облегчающей дальнейший анализ проводимой в ней информации (прил.2).

При внедрении статистических методов контроля точности монтажа конструкций, а также при премировании бригад и звеньев за повышение качества работы рекомендуется пользоваться коэффициентом точности  $K$ , определяемым как отношение допуска  $\Delta x$ , установленного нормативными документами, к производственному допуску, вычисленному по результатам контроля  $\Delta x_n = 2l S_x$

$$K = \Delta x / \Delta x_n. \quad (XI.3)$$

Коэффициент  $K$ , характеризующий качество технологического процесса в отношении геометрической точности по каждому контролируемому параметру, следует определять периодически одновременно с проверками точности монтажа конструкций.

Если  $K < 1$ , то необходимо разработать и внедрить мероприятия по повышению геометрической точности, а увеличение его при последующем определении уровня качества будет свидетельствовать об эффективности разработанных и внедренных мероприятий.

Для повышения качества работы необходимо иметь данные о точности настройки технологических операций цепи производственного процесса при монтаже конструкций. Для этого в начальный период технологического процесса определяет показатель настройки:

$$K_n = (x_{m_1} - x_{ном}) / \Delta x = \delta x_m / \Delta x,$$

где  $x_{ном}$  — проектное значение контролируемого параметра;  $x_{m_1} = \Sigma x_i / n$  — среднее значение контролируемого параметра в начальный период;  $\Delta x$  — допуск.

Для проверки стабильности технологического процесса рекомендуется регулярно (ежемесячно, ежеквартально) проводить контроль точности, каждый раз определяя среднее  $\delta x_m$  и среднее квадратическое  $S_x$  отклонения. Стабильность технологического процесса в течение полугодия (или другого периода) будет характеризоваться для случайных и систематических отклонений коэффициентами  $F_3$  и  $t_3$ :

$$F_3 = S_{\max}^2 / S_{\min}^2;$$

$$t_3 = (\delta x_{m(\max)} - \delta x_{m(\min)}) \sqrt{n-1} / \sqrt{S_1^2 - S_2^2},$$

где  $\delta x_{m(\max)}$  и  $\delta x_{m(\min)}$  — соответственно наибольшая и наименьшая координаты центра группирования отклонений, вычисленные по

результатам месячных контрольных замеров;  $S_1$  и  $S_2$  — соответствующие им средние квадратические отклонения;  $n$  — число контролируемых единиц продукции в каждой выборке ( $n_1 = n_2 = \dots = n$ ).

Технологический процесс считается стабильным, если

$$F_{-3} \leq 1,5, \text{ а } t_3 \leq 2.$$

**Пример.** Порядок статистической обработки проследим на результатах 20 замеров уклона опорных плит, приведенных в табл. XI.5.

Определим выборочное среднее отклонение  $\delta x_m$ , т. е. найдем центр рассеивания действительных отклонений  $\delta x_i$  от горизонтального (проектного) положения:

$$\delta x_m = \Sigma \delta x_i / n = 8,7 / 20 = +0,4 \text{ мм.}$$

Определим меру рассеивания отклонений по формуле выборочного среднего квадратического отклонения:

$$S_x = \sqrt{\frac{\Sigma \delta x_i^2}{n} - \delta x_m^2} = \sqrt{\frac{124,4}{20} - 0,4^2} = 2,5 \text{ мм.}$$

Полученные характеристики  $\delta x_m$  и  $S_x$  являются основными показателями качества установки опорных плит и подлежат дальнейшему анализу. Правила статистического анализа точности геометрических параметров устанавливает ГОСТ 23615—79.

Определим с учетом коэффициента  $t$  (см. табл. IV.3) предельное отклонение  $\delta x_{\text{пр}}$  при установке опорных плит:

$$\delta x_{\text{пр}} = t S_x = 3,4 \cdot 2,5 = 8,5 \text{ мм.}$$

Следовательно, одно из допущенных отклонений (+9,2 мм) при установке плит является грубым даже для рассматриваемых условий производства и подлежит исключению из дальнейшей обработки. Тогда при  $n = 19$  будем иметь:

$$\begin{aligned} \delta x_m &= \Sigma \delta x_i / n = -0,5 / 19 = -0,02 \text{ мм; } S_x = \sqrt{\Sigma \delta x_i^2 / n - \delta x_m^2} \\ &= \sqrt{40 / 19 - (-0,02)^2} = 1,4 \text{ мм; } \delta x_{\text{пр}} = 3,45 \cdot 1,4 = 4,8 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Отметим также, что полученная величина предельного отклонения  $\delta x_{\text{пр}}$ , определенная по результатам контроля монтажа опорных плит на производственном объекте, примерно в 8 раз превышает нормативные значения точности по данному параметру, так как при длине сторон плиты 900 мм и предельном уклоне 0,00067 отклонение не должно превышать  $900 \cdot 0,00067 = 0,6$  мм. Далее проверяем стабильность процесса установки плит. Допустим, что в течение полугодия (регулярно в каждом месяце) были образованы шесть выборок объемом  $n = 40$  и для каждой из них были определены те же статистические характеристики точности  $\delta x_m$  и  $S_x$  (табл. XI.6).

Для проверки стабильности выборочных средних квадратических отклонений  $S_x$ , характеризующих степень рассеивания действительных отклонений  $\delta x$ , выберем из табл. XI.6 наибольшее и наименьшее значения  $S_{\text{max}} = 2,8$  мм и  $S_{\text{min}} = 2,0$  мм и вычислим показатель

$$F_3 = S_{\text{max}}^2 / S_{\text{min}}^2 = 7,8 / 4,0 = 1,95.$$

### Х1.5. Отклонения $\delta x_i$ опорных плит от горизонтального положения

$\delta x_i$	$\delta x_i^2$	$\delta x_i$	$\delta x_i^2$	$\delta x_i$	$\delta x_i^2$
-2,8	7,84	-0,6	0,36	+1,1	1,21
-2,1	4,41	-0,2	0,04	+1,2	1,44
-1,5	2,25	0	—	+2,0	4,00
-1,4	1,96	+0,1	0,01	+2,1	4,41
-1,2	1,44	+0,3	0,09	+2,8	7,84
-0,9	0,81	+0,6	0,36	+9,2	84,64
-0,8	0,64	+0,8	0,64		
				$\Sigma \delta x_i =$ $= +8,7$ мм	$\Sigma \delta x_i^2 =$ $= 124,4$

Поскольку  $F_{\alpha} \rightarrow = 1,95 > 1,5$ , то процесс установки опорных плит не является стабильным в отношении случайных отклонений.

Для проверки стабильности выборочных средних отклонений  $\delta x_m$ , являющихся смещением (координатой) центра группирования действительных отклонений, выберем из табл. Х1.6 наибольшее и наименьшее значения  $\delta x_{m(\max)} = +0,6$  мм и  $\delta x_{m(\min)} = -0,5$  мм, соответствующие им значения  $S_1 = 2,7$  мм и  $S_2 = 2,3$  мм и вычислим показатель

$$t_0 = \frac{\delta x_{m(\max)} - \delta x_{m(\min)}}{\sqrt{S_1^2 - S_2^2}} \cdot \sqrt{n-1} = \frac{0,6 + 0,5}{\sqrt{2,7^2 + 2,3^2}} \cdot \sqrt{39} = 4,3.$$

Как видим, процесс установки опорных плит не является стабильным и в отношении систематических погрешностей, т. е.  $t_0 = 4,3 > 2$ . Кроме того, если среднее отклонение  $\delta x_{mN}$  для объединенной выборки превышает  $1,643 S_x / \sqrt{N}$ , то согласно ГОСТ 23615—79 необходимо регулирование технологического процесса с целью

### Х1.6. Выборочные характеристики точности установки опорных плит

Месяц, год	$n$	$\delta x_m$ , мм	$S_x$ , мм
05.85 г.	40	-0,4	2,5
06.85 г.	40	+0,6	2,7
07.85 г.	40	-0,5	2,3
08.85 г.	40	+0,3	2,8
09.85 г.	40	+0,4	2,1
10.85 г.	40	-0,2	2,0
	$N=240$	$\delta x_{mN} = +0,2$	$S_{xN} = 2,4$

уменьшения  $\delta x_m$ . Для соблюдения принципа незначительного влияния полученное из объединенной выборки ( $N = 240$ ) среднее отклонение не должно превышать  $\delta x_m \leq (1,643 \cdot 2,4 \text{ мм} / \sqrt{240}) = 0,25 \text{ мм}$ . Поскольку найденная из всех выборок систематическая погрешность  $\delta x_{mN} = 0,2 \text{ мм}$  не превышает  $0,25 \text{ мм}$ , ее влияние в общей погрешности можно считать незначительным. Однако контролируемый процесс установки плит не может считаться налаженным и установившимся, т. к. полученные характеристики точности  $\delta x_m$  и  $S_m$  в шести сериях выборок, составивших объединенную выборку, нестабильны во времени. Следовательно, необходимо осуществить операционный контроль, установить причины нестабильности точности процесса и произвести соответствующую наладку оснастки и отдельных операций.

### 53. Проверка соответствия геометрической точности продукции технологического процесса соответствующим допускам

При сплошном контроле точность геометрических параметров ограничивается нижним  $\delta x_{\text{inf}}$  и верхним  $\delta x_{\text{sup}}$  предельными отклонениями от номинального значения. В качестве контрольных нормативов можно также использовать минимальные  $x_{\text{min}}$  и максимальные  $x_{\text{max}}$  предельные размеры контролируемого параметра. Чтобы установить соответствие точности геометрических параметров контрольным нормативам, определяют действительные отклонения  $\delta x_i$  или действительные значения  $x_i$  контролируемых параметров. При этом продукция монтажного процесса считается годной по контролируемому процессу, если соблюдается одно из условий:

$$\delta x_{\text{inf}} < \delta x_i < \delta x_{\text{sup}}; \quad (\text{XI.4})$$

$$x_{\text{min}} < x_i < x_{\text{max}}. \quad (\text{XI.5})$$

При выборочном контроле по альтернативному признаку контролируемыми нормативами помимо приведенных  $\delta x_{\text{inf}}$ ,  $\delta x_{\text{sup}}$  или  $x_{\text{min}}$ ,  $x_{\text{max}}$  являются приемочные и браковочные числа  $C$ , характеризующие количество дефектных единиц в выборке (см. табл. XI.2), при котором контролируемая партия смонтированных конструкций принимается или бракуется. Фактическое количество дефектных единиц по каждому из контролируемых параметров определяется проверкой соблюдения условий (XI.4) или (XI.5) для каждой контролируемой конструкции в выборке.

Соответствие точности монтажа конструкций нормативным требованиям устанавливается путем сравнения характеристик действительной точности  $\delta x_m$  и  $S_x$  с утвержденными



предельными отклонениями  $\delta x_{\text{inf}}$  и  $\delta x_{\text{sup}}$  оцениваемого параметра по условиям

$$\delta x_{\text{sup}} \geq \delta x_m + tS_x; \quad (\text{XI.6})$$

$$\delta x_{\text{inf}} \leq \delta x_m - tS_x. \quad (\text{XI.7})$$

где  $t$  — коэффициент, принимаемый в зависимости от принятого приемочного уровня дефектности  $q$  в процентах:

$q, \%$	...	...	0,25	0,65	1,5	4	10
$t$	...	...	3	2,7	24	21	1,6

При этом требование надежности оценки точности монтажа обязывает, чтобы выборочные характеристики  $\delta x_m$  и  $S_x$  были получены по результатам контроля не менее 50 конструкций ( $n \geq 50$ ). Кроме того, такая оценка геометрической точности продукции допускается только при налаженном процессе. Процесс обеспечивает определенный класс точности по контролируемому параметру, если соблюдено условие

$$\Delta x \geq 2tS_x, \quad (\text{XI.8})$$

где  $\Delta x$  — ближайшее большее к величине  $2tS$  значение допуска для контролируемого размера (см. § 15).

Для сравнения уровня точности монтажа на различных объектах или одного монтажного процесса в различные промежутки времени рекомендуется определять показатель уровня точности  $h$ , вычисляемый по формуле

$$h = (\Delta x - 2tS) / \Delta x. \quad (\text{XI.9})$$

Показатель  $h$  характеризует запас точности по отношению к допуску  $\Delta x$ , и если его абсолютное значение оказывается меньше, чем 0,14, то следует считать, что запас точности отсутствует. При  $h$  отрицательном и превышающем по абсолютному значению 0,14 считают, что монтажный процесс соответствует более низкому классу точности. При положительном значении  $h$ , приближающемся по абсолютной величине к 0,5, проверяют возможность (берут меньший допуск  $\Delta x$ ) отнесения монтажного процесса к более высокому классу точности.

#### Вопросы для повторения

1. В чем заключается сущность статистических исследований точности монтажа сборных элементов и на каких этапах их рекомендуется проводить?

2. Что оценивается статистическими методами наблюдений на различных этапах полного монтажного цикла?

3. Каковы основные правила статистического контроля и оценки точности монтажных процессов и операций и их цель?

4. Какие виды контроля используют на объектах и каково их назначение?
5. Какова цель входного контроля?
6. Назначение операционного контроля.
7. Назначение приемочного контроля.
8. Что понимается под информацией о качестве монтажного процесса?
9. Каковы основные задачи операционного контроля?
10. Что должны содержать типовые схемы операционного контроля качества (СОКК)?
11. В чем заключаются особенности сплошного и выборочного контроля?
12. Каковы особенности оценки качества продукции монтажного процесса по количественному и альтернативному признаку?
13. Какие средства измерений применяют при контроле размеров, формы и положения конструкций?
14. Какой набор средств рекомендуется для монтажного участка?
15. Как определяют коэффициент точности  $K$  и что он характеризует?
16. Что характеризует показатель настройки  $K_n$  технологических операций?
17. Какие используют характеристики стабильности монтажного процесса? Как их определяют?
18. Каков общий порядок статистической обработки результатов наблюдений точности монтажных операций?
19. Каковы условия соответствия точности монтажных операций строительным допускам?
20. Что характеризует показатель уровня точности  $h$ ; как и для чего его определяют?

## **ГЛАВА XII. ОСНОВЫ РАСЧЕТА ТОЧНОСТИ СБОРКИ КОНСТРУКЦИЙ**

### **54. Понятие о размерных цепях, их виды и назначение**

Для решения задач, связанных с расчетом и обеспечением требуемой точности конструкций, пользуются методами и расчетными формулами теории размерных цепей, получившими применительно к зданиям и сооружениям отражение и дальнейшее развитие в разработках советских ученых и специалистов: Б.И. Беляева, М.Р. Мазина, Б. Я. Мойжеса, Д.И. Лаковского, И.В. Колечицкой, М. Я. Егнуса, Р.А. Каграманова, В.С. Сытника, В. Ф. Лукьянова, В.Д. Фельдмана, А.В. Цареградского, Л.А. Вассердам и др.

Надежность и долговечность работы стальных и сборных железобетонных конструкций в значительной степени зависит от расчета геометрической точности конструкций, выполняемого в процессе проектирования, и учета этими

расчетами условий изготовления, сборки и эксплуатации конструкций. Такие расчеты необходимы для улучшения конструкций зданий и сооружений, совершенствования технологий изготовления и установки сборных элементов, включая контрольно-измерительные работы, и выбора прогрессивной монтажной оснастки, оборудования и приспособлений, необходимых для обеспечения заданной точности при монтаже конструкций. Определение норм точности на изготовление и монтаж сборных элементов, а также на выполнение разбивочных работ при возведении зданий и сооружений в настоящее время осуществляется посредством составления размерных цепей и расчета точности конструкций. В результате этого проектировщики должны назначить обоснованную точность на выполнение отдельных процессов (изготовление, монтаж конструкций, производство разбивок), а технологи и монтажники — обеспечить требуемую точность выполнения работ с целью собираемости конструкций и нормальной эксплуатации зданий и сооружений.

При разработке конструктивной схемы производственных зданий в основу кладется принцип совместной пространственной работы сборных элементов, а также принцип совмещения несущих и ограждающих функций элементов конструкций. Так, две колонны и балка, две колонны и стропильная ферма образуют рамную систему в виде пространственного прямоугольника, призванного воспринимать горизонтальные и вертикальные нагрузки.

При монтаже стальных и железобетонных конструкций соединения сборных элементов состоят из цепи сопрягаемых элементов: последовательно соединенных колонн многоэтажных зданий, последовательно уложенных на консоли колонн балок, установленных поперек одноэтажного производственного здания стропильных ферм.

Следовательно, в смонтированной конструкции действительное положение каждого сборного элемента определяется совокупностью размеров, образующих размерную цепь.

*Под размерной цепью понимают совокупность размеров, образующих замкнутый контур* и непосредственно участвующих в решении задачи собираемости конструкций. В такие цепи входят размеры сопрягаемых элементов, смещения их с осей, отклонения от вертикали, зазоры и т. д. Вид размерной цепи в здании или сооружении определяется их конструкциями, которые для упрощения

расчета точности и лучшего понимания методических принципов делят:

- на последовательно соединяемые в цепь;
- на соединяемые под углом;
- на соосно располагаемые на одной линии;
- на конструкции, поверхности которых должны находиться в одной плоскости.

Соответственно *размерные цепи разделяют на линейные и плоскостные.*

Расчет точности конструкции производят на основе выявления размерных связей в конструктивно-технологических схемах. В том смысле здания или сооружения представляют собой совокупность конструкций, смонтированных определенным образом. В сочетании с зазорами они образуют размерную цепь — цепь взаимосвязанных между собой размеров, расположенных по замкнутому контуру в предусмотренной проектом последовательности и определяющих взаимное положение поверхностей или осей одной или нескольких конструкций.

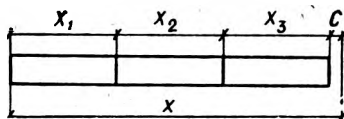
Каждая размерная цепь состоит из одного замыкающего и нескольких составляющих звеньев. При этом под звеном размерной цепи понимают размер, определяющий взаимное положение поверхностей и осей одной или нескольких конструкций.

Под исходным звеном, называемым также базой, понимают поверхность или ось, относительно которой определяют положение других поверхностей или осей.

Звено, получаемое в размерной цепи последним в результате решения поставленной задачи, в том числе при изготовлении и измерении, называют замыкающим. Оно характеризует относительное положение осей, поверхностей или узлов сопряжения конструкций. Замыкающими звеньями размерных цепей конструкций, как правило, служат размеры в узлах сопряжений сборных элементов, размеры зазоров между элементами, длины опирания элементов, несоосность или несовпадение поверхностей (уступ) элементов, неперпендикулярность элементов, т.е. параметры, требуемая точность которых определяется функциональными допусками.

Все остальные звенья размерной цепи, определяющие размеры и точность замыкающего звена, называют составляющими.

Рис. XII.1. Линейная простая размерная цепь



Изменение составляющего звена вызывает изменение исходного или замыкающего звена.

Схематически размерную цепь часто изображают в виде направленных отрезков. Проекция размеров цепи на какую-либо ось (обычно на направление одного из размеров) позволяет написать уравнение размерной цепи, выражающее условие равенства общего размера  $x$  алгебраической сумме проекций составляющих размеров  $x_i$  (рис. XII.1). Эта аналитическая связь между размерами цепи называется уравнением размерной цепи, которое для приведенного на рис. XII.1 расчетного участка укрупнения подкрановой балки из трех отправочных элементов будет иметь вид:

$$x = x_1 + x_2 + x_3 + c. \quad (\text{XII.1})$$

В этой размерной цепи накопившиеся погрешности воспринимаются компенсатором, который на рис. XII.1 представлен в виде зазора  $C$ .

Предельное отклонение зазора  $C$  получим из уравнения.

$$c = x - x_1 - x_2 - x_3, \quad (\text{XII.2})$$

где  $c$  — замыкающее звено;  $x_i$  — составляющие звенья.

Для лучшего понимания процесса расчета точности рассмотрим некоторые положения к нему. Пусть в процессе выполнения монтажных работ при возведении зданий потребуется обеспечить реализацию нескольких геометрических параметров  $x$  с погрешностями, не превышающими предельных ограничений  $\delta x$ . Для решения этой задачи на монтажной площадке предусматривается осуществить ряд операций (построений), функционально связанных с исходными параметрами. Геометрические параметры (пролет, ширина подкранового пути и др.) здания или сооружения связаны с размерами сборных элементов (колонной, балкой и т.д.), а также геодезическими построениями следующей зависимостью:

$$F(x) = \varphi(x_1 + x_2 + \dots + x_n), \quad (\text{XII.3})$$

где  $F(x)$  — функция, определяющая связь геометрического параметра здания  $x$  и его элементов  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

Следовательно, погрешность геометрического параметра здания определяется размерами сборных элементов, участвующих в его создании, и видом функции их связи.

Для определения связи любого геометрического параметра здания с размерами сборных элементов воспользуемся теорией вероятностей и будем исходить из ее положений.

1. *Геометрический параметр  $x$  здания является величиной случайной*, представляющей собой суммарный результат случайных величин — размеров сборных элементов, т.е.

$$x = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n. \quad (\text{XII.4})$$

Приведем широко используемую в расчете цепей погрешностей теорему: среднее значение  $x_m$  суммы случайных величин (замыкающего звена) равно сумме средних значений этих величин (составляющих звеньев):

$$x_m = x_{m_1} + x_{m_2} + \dots + x_{m_n}.$$

Известно, что размеры изготовленных сборных элементов отличаются от проектных, т.е. имеют отклонения (погрешности). Аналогичное положение возникает и при монтаже. Совокупность взаимосвязанных отклонений, влияние которых при изготовлении или монтаже сборных элементов приводит к отличию действительных геометрических параметров от номинальных, образует цепь погрешностей (отклонений), в которой отдельные отклонения получили название элементарных, а результат сложения отдельных отклонений представляет суммарное технологическое отклонение.

Следовательно, выражение для замыкающего звена примет вид:

$$x + \delta x = \varphi (x_1 + \delta x_1 + x_2 + \delta x_2 + \dots + x_n + \delta x_n). \quad (\text{XII.4}')$$

Это соотношение между погрешностями отдельных размеров и погрешностью исходного параметра используют для расчета точности. В теории вероятностей доказывается, что дисперсия суммы (равно как и разности) нескольких независимых случайных величин равна сумме дисперсий этих величин:

$$D(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = D_{x_1} + D_{x_2} + \dots + D_{x_n}.$$

А поскольку характеристики разброса случайных величин в виде среднего квадратического отклонения  $\sigma_x$  и дисперсии  $Dx$  связаны между собой равенством  $\sigma_x = \sqrt{Dx}$ , то с учетом изложенного и зависимости (XII.4) суммарное

среднее квадратическое отклонение  $\sigma_{\Sigma}$  геометрического параметра здания можно определить по формуле

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_{x_i}^2} = \sqrt{\sigma_{x_1}^2 + \sigma_{x_2}^2 + \dots + \sigma_{x_n}^2}. \quad (\text{XII.5})$$

Последняя зависимость называется формулой квадратического сложения и читается так: среднее, квадратическое отклонение (погрешность)  $\sigma_{\Sigma}$  суммы или разности независимых случайных величин  $x_i$  равно корню квадратному из суммы квадратов средних квадратических отклонений (погрешностей)  $\sigma_i$  этих величин.

Уравнение точности XII.5 вероятностного метода расчета получено при условии, что разброс погрешностей замыкающего звена описывается законом нормального распределения случайных величин. Теоретически этот закон имеет поле распределения погрешностей от плюс бесконечности до минус бесконечности, но при расчетах точности их учитывают только в границах от минус  $3\sigma$  до плюс  $3\sigma$ , расположенных симметрично относительно центра группировки. При таком подходе вне указанного поля допуска  $\Delta x = 2\delta x = 6\sigma$  по теории вероятностей остается всего 0,27 % фактических размеров замыкающего звена.

Характеристики геометрической точности  $\sigma x_i$  неудобны для расчета цепей погрешностей, так как в чертежах и технических условиях обычно в качестве точностных характеристик приводят предельные отклонения  $\delta x$  или допуски  $\Delta x$ . Поэтому такие расчеты удобнее выполнять, пользуясь допусками  $\Delta x$  или симметричными предельными отклонениями  $\delta x$ :

$$\Delta x_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2} = \sqrt{\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \dots + \Delta x_n^2}, \quad (\text{XII.5}')$$

где  $n$  — число технологических допусков составляющих звеньев размерной цепи, влияющих на точность замыкающего звена;  $\Delta x_i$  — проекции технологических допусков на прямую, параллельную функциональному допуску.

При этом имеют в виду зависимость II.7, характеризующую связь среднего квадратического отклонения  $\sigma$ , допуска  $\Delta x$  и симметричного предельного отклонения  $\delta x$ ,

принятую в системе обеспечения точности геометрических параметров в строительстве.

2. Геометрический параметр  $x$  здания является линейной функцией нескольких случайных параметров  $x_i$ , т.е.

$$x = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n.$$

Для вычисления суммарного допуска  $\Delta x_\Sigma$  замыкающего звена следует пользоваться формулой:

$$\Delta x_\Sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2 \Delta x_i^2} = \sqrt{a_1^2 \Delta x_1^2 + a_2^2 \Delta x_2^2 + \dots + a_n^2 \Delta x_n^2}. \quad (\text{XII.6})$$

Следовательно, допуск замыкающего звена размерной цепи равен корню квадратному из допусков всех остальных параметров, составляющих размерную цепь, сложенных квадратично. Это правило суммирования (всегда стоит знак плюс в правой части формулы) допусков при расчетах цепей погрешностей справедливо независимо от того, рассматривается сумма или разность случайных величин  $x_i$ .

Изложенные принципы характерны для вероятностного метода расчета размерных цепей, для которого свойственно учитывать явление рассеивания и вероятность различных сочетаний отклонений составляющих звеньев. Этот метод основан на одном из положений теории вероятностей о том, что возможные сочетания предельных отклонений встречаются значительно реже, чем средних значений.

Размерные цепи находятся в трехмерном пространстве, но задачу упрощают и расчеты выполняют, как правило, раздельно для каждой проекции, поскольку технология монтажа предусматривается раздельную выверку конструкций по направлениям продольных и поперечных осей, а также по высоте. Кроме того, большинство сборных элементов входит составляющим размером только в одну из проекций. При расчете точности конструкций составляют цепи погрешностей, которые в зависимости от расположения суммарной погрешности по отношению к координатным осям и элементарным погрешностям разделяют на линейные, плоскостные и пространственные. Если суммарные и элементарные погрешности располагаются параллельно одной какой-то оси, то имеем линейную цепь погрешностей. Когда суммарная погрешность лежит в плоскости каких-либо двух координатных осей, которым параллельны элементарные погрешности, то говорят о плоскостной цепи.



В пространственной цепи элементарные погрешности параллельны трем осям, тогда как их составляющая суммарная погрешность не совпадает ни с одной из трех координатных плоскостей.

При расчетах плоскостные, а тем более пространственные цепи стремятся разбить — привести их к линейным, параллельным трем координатным осям здания.

В процессе расчета точности конструкции определяют влияние элементарных погрешностей на суммарную или устанавливают элементарные погрешности по заданной суммарной погрешности.

Такие расчеты точности необходимы для установления номинальных размеров и предельных отклонений элементов и узлов их сопряжений в конструкциях с тем, чтобы составить технологическую документацию на изготовление изделий и соответственно выбрать способы и технические средства выполнения разбивочных при монтажных работ.

В исключительных случаях при технической необходимости (например, получить 100 %-ную собираемость) и экономической целесообразности допускается определение суммарного допуска методом максимума — минимума по формуле

$$\Delta x_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta x_i.$$

При этом методе расчета, когда суммарный допуск  $\Delta x_{\Sigma}$  равен алгебраической сумме допусков составляющих звеньев, более чем в два раза по сравнению с вероятностным методом повышаются требования к проектной точности.

Если возможности существующего производства в отношении точности составляющих звеньев не могут обеспечить полную собираемость, то в зависимости от экономической целесообразности предусматривают:

введение новых технологических процессов, повышающих точность тех составляющих звеньев, которые оказывают наибольшее влияние на точность замыкающего звена;

изменение конструктивных решений, позволяющее расширить функциональный допуск;

уменьшение влияния технологических допусков на допуск замыкающего звена, путем изменения в проекте технологической последовательности операций, способов ориентирования собираемых элементов, введения дополни-

тельных замыкающих звеньев и, следовательно, уменьшения размерной цепи;

неполную собираемость конструкций ( $\Delta x_{\phi} < \Delta x_{\Sigma}$ ) с выполнением в процессе строительства дополнительных операций по подбору требуемых размеров, подгонке или регулированию отдельных размеров элементов, назначаемых компенсаторами избыточных погрешностей.

Под компенсирующим звеном (компенсатором) понимают предварительно выбранное звено размерной цепи, изменением размера которого достигается требуемая точность замыкающего звена.

Метод подгонки при сборке конструкций, представляющий собой технологический способ компенсации избыточных погрешностей, позволяет достигнуть проектной точности замыкающего звена уменьшением размера одного из составляющих звеньев путем снятия слоя материала. Это дополнительно обрабатываемое составляющее звено, получившее название компенсирующего, должно иметь рассчитываемый соответствующим образом припуск на подгонку.

Метод регулирования при сборке конструкций является конструктивным способом компенсации избыточных погрешностей, при котором проектную точность замыкающего звена обеспечивают посредством:

изменения положения одного из элементов конструкции (подвижный компенсатор);

введения в цепь одного или нескольких элементов требуемого размера (неподвижный компенсатор).

## **55. Методические положения по расчету точности сборки конструкций**

Основная задача расчета точности — найти соответствие между функциональными и технологическими допусками при минимуме стоимости конструкции «в деле». Она связана с исследованием изменения эксплуатационных характеристик конструкций (в частности, несущей способности) при различных значениях технологических допусков. Если же выбор величины функционального допуска ограничен требованиями прочности, то задача сводится к определению наиболее экономичного технологического допуска и выбору средств и методов производства работ, его обеспечивающих. В этом случае находят такое соотно-

шение между величинами технологических допусков, при котором достигался бы минимум затрат на обеспечение суммарного технологического допуска.

В соответствии с изложенным различают следующие задачи расчета точности:

**п р я м а я**, когда по известным значениям технологических допусков определяется функциональный (проверочный расчет);

**о б р а т н а я**, когда по установленному функциональному допуску определяются технологические допуски (проектный расчет);

комбинированная, сочетающая в себе элементы прямой и обратной задач.

Расчет точности следует выполнять в процессе проектирования типовых, экспериментальных и индивидуальных конструкций зданий и сооружений и их элементов при назначении их номинальных размеров (в том числе размеров компенсаторов), разработке технологии изготовления элементов и конструкций и производстве строительно-монтажных работ.

На основании расчетов точности устанавливаются номинальные размеры и предельные отклонения размеров элементов и узлов их сопряжений в конструкциях, которые указывают в рабочих чертежах конструкций и элементов зданий и в нормативно-технических документах. Кроме того, в соответствии с результатами расчета точности устанавливают последовательность и способы выполнения разбивочных и сборочных работ, а также рекомендуют средства технологического обеспечения и контроля точности в проектах производства строительно-монтажных работ и в технологической документации на изготовление сборных элементов.

Обеспечение точности сборки конструкций достигается конструктивными и технологическими мерами. При этом к конструктивным мерам по обеспечению собираемости конструкций следует отнести [10] назначения;

номинальных размеров элементов с учетом предельных отклонений при их изготовлении и монтаже;

размеров компенсаторов в узлах сопряжений элементов (зазоров, площадок опирания и т.п.), позволяющих компенсировать накапливаемые в процессе изготовления и монтажа технологические погрешности, исключаящие

недопустимые контакты между элементами и обеспечивающие надежное заполнение зазоров в соответствии с проектом;

основных расчетных характеристик конструкций (несущей способности, сопротивления теплопередаче и т.п.) с учетом обеспечения качеств конструкции при предельных отклонениях геометрических параметров, влияющих на качество.

При изготовлении изделий основными технологическими мерами по обеспечению собираемости конструкций являются: проектирование технологии производства работ, проектирование и изготовление технологической оснастки и формовочного оборудования для железобетонных конструкций, а также организация службы контроля, обеспечивающая изготовление изделий с заданными геометрическими параметрами.

При монтаже сборных элементов основными технологическими мерами по обеспечению собираемости конструкций являются: проектирование технологии производства работ; проектирование и изготовление монтажной оснастки, оборудования, приспособлений и инструмента, обеспечивающих соблюдение заданной точности при сборке конструкций; разработка и применение методов и средств геодезических измерений, обеспечивающих заданную точность при разбивке, выверке и приемке конструкций.

Таким образом, расчет точности призван найти оптимальное соответствие между технологическими и конструктивными мерами обеспечения собираемости конструкций с учетом реальных условий их изготовления, строительномонтажного производства и требований рачительного хозяйствования. Собираемость конструкций обеспечивается разработкой новых конструкций с геометрическими параметрами повышенной точности. Затраты на это должны быть компенсированы эффектом, достигаемым благодаря экономии материалов, уменьшению сечения элементов сокращению расхода стали, герметиков, сокращению продолжительности работ и т. п.

Расчет точности производят на основе:

выявления размерных связей в конструктивно-технологических схемах элементов, непосредственно влияющих на собираемость конструкций;  
составления уравнений точности;

решения этих уравнений с учетом обязательного соответствия суммарной характеристики точности замыкающего звена функциональным требованиям.

Как уже указывалось, характеристиками фактической точности операций технологических процессов являются действительные отклонения, которые представляют собой погрешности изготовления, монтажа или разбивочных работ.

Рассматриваемые действительные отклонения по своей величине не должны превышать установленные ограничения, которые в нормативной документации обычно приводятся в виде предельных отклонений или допусков. Поэтому в зависимости от применяемых при расчете характеристик точности общее название уравнения точности иногда заменяют с целью конкретизации уравнением допусков или уравнением погрешностей.

При решении таких уравнений исходят обычно из условия обеспечения полной собираемости конструкций, которая характеризуется уровнем собираемости 99,73 % и выше. Это условие соблюдается, если  $\Delta x_{\phi} \geq \Delta x_{\Sigma}$ , т.е. функциональный допуск больше или равен суммарному технологическому.

Если же в результате расчета точности окажется  $\Delta x_{\phi} < \Delta x_{\Sigma}$ , то имеет место неполная собираемость конструкций, характеризующаяся уровнем собираемости ниже 99,73 %.

Уровень собираемости конструкций, зависящий от отношения  $\Delta x_{\phi}/\Delta x_{\Sigma}$ , принимается с учетом данных табл. XII.1, исходя из экономической целесообразности

### XII.1. Уровень собираемости конструкций

$\Delta x_{\phi}/\Delta x_{\Sigma}$	Уровень собираемости, %	$\Delta x_{\phi}/\Delta x_{\Sigma}$	Уровень собираемости, %
1	99,73	0,50	86,6
0,95	99,56	0,45	83,7
0,90	99,31	0,40	77,0
0,85	98,92	0,35	70,6
0,80	98,36	0,30	63,2
0,75	97,56	0,25	54,7
0,70	96,43	0,20	45,2
0,65	94,89	0,15	36,7
0,60	92,81	0,10	23,6
0,55	90,21		

(на стадии проектирования) или технологической возможности (на стадии производства работ).

Порядок выполнения расчета точности определяется его задачей. При *проектном расчете* (обратная задача) определяют допуски технологических операций на составляющие звенья по установленному допуску (функциональному) замыкающего звена. Собираемость конструкций при проектном расчете обеспечивается:

выбором соответствующего заводского оборудования, монтажной оснастки и измерительных средств для обеспечения требуемой точности работ;

определением целесообразной последовательности установки элементов, способов их ориентирования и т.п.

Исходными данными для расчета являются конструктивно-технологическая схема и допуск геометрического функционального параметра конструкции.

При *проверочном расчете* (прямая задача) определяют допуск (функциональный) замыкающего звена по установленным значениям допусков (технологических) составляющих звеньев. Собираемость конструкций при проверочном расчете достигается конструктивными мерами.

Исходными данными для расчета точности служат конструктивно-технологическая схема и допуски технологических операций.

Обычно при расчете точности сочетают элементы прямой и обратной задачи, т. е. имеют дело с комбинированной задачей. Согласно произведенным расчетам точности устанавливают, а в рабочих чертежах и нормативно-технических документах отражают взаимно увязанные номинальные размеры и предельные отклонения геометрических параметров элементов и узлов их сопряжения в конструкциях, а также конструктивные решения элементов и узлов. В соответствии с результатами расчета в проектах производства работ и в технологической документации на изготовление изделий устанавливают последовательность и способы выполнения разбивочных, монтажных и сборочных работ, а также необходимые средства технологического обеспечения и контроля их точности.

Расчет точности рекомендуется начинать с вычерчивания эскиза конструкции — полусхематичного чертежа, выполненного в удобном (для отражения на нем размеров и допусков) виде. Вычерчивая эскиз, упрощают сложные контуры и не соблюдают масштаб конструкции, а отдель-

ные размеры, например зазоры, изображают увеличенными для возможности простановки допусков и буквенных обозначений на размеры, являющиеся звеньями цепи.

## 56. Расчеты точности сборки конструкций

Порядок расчета рассмотрим применительно к промышленным зданиям и, в частности, к конструкциям рамного типа, образуемым при установке ферм и подкрановых балок на колонны. На рис. XII.2 показана такая конструкция, где размер  $l$  характеризует положение разбивочных осей,  $a_1$  и  $a_2$  — смещение низа колонн с разбивочных осей в процессе монтажа,  $v_1$  и  $v_2$  — проекции наклона колонн,  $C_1$  и  $C_2$  — зазоры, а  $l_1$  — длину фермы.

В качестве исходного звена, служащего началом накопления погрешностей, принимают обычное расстояние  $l$  между разбивочными осями. Исходное звено представляет собой поверхность или ось, относительно которых определяется положение других поверхностей или осей.

Проекции размеров рассматриваемой цепи приходятся на расстояние  $l$  между разбивочными осями, а это позволяет написать следующее условие равенства размера  $l$  алгебраической сумме проекций составляющих размеров:

$$l = l_1 + a_1 + b_1 + C_1 + a_2 + b_2 + C_2.$$

Так как установку фермы часто выполняют с соблюдением равенства зазоров  $C_1$  и  $C_2$  ( $C_1 = C_2 = C$ ), уравнение размерной цепи относительно зазора  $C$  примет вид:

$$2C = l - l_1 - a_1 - a_2 - b_1 - b_2.$$

При одинаковом смещении основания колонн с разбивочной осью ( $a_1 = a_2 = a$ ) и одинаковом наклоне колонн ( $v_1 = v_2 = v$ ) получим:

$$2C = l - l_1 - 2a - 2b, \text{ или } C = 0,5l - 0,5l_1 - a - b.$$

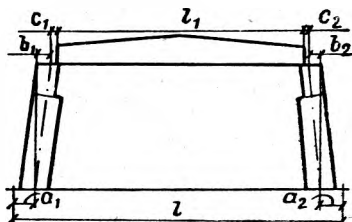


Рис. XII.2. Схема стропильной фермы, сводно опирающейся на колонны

Для рассматриваемой цепи составим уравнение точности, характеризующее в соответствии с (XII.6) допусками.

$$\Delta x_c = \sqrt{0,5\Delta x_l^2 + 0,5\Delta x_{l_1}^2 + \Delta x_a^2 + \Delta x_b^2}. \quad (\text{XII.8})$$

Отметим, что в правой части уравнений точности допуски всегда суммируются, даже когда в размерной цепи имеются, как в нашем случае, разности допусков составляющих элементов. Для определения допуска  $\Delta x_c$  зазора по формуле (XII.8) необходимо знать точность составляющих элементов, характеризующую допусками: разбивки осей  $\Delta x_l$ , изготовления фермы  $\Delta x_{l_1}$ , совмещения колонн  $\Delta x_a$  в нижнем сечении и совмещения колонн  $\Delta x_b$  в верхнем сечении.

**Пример 1.** Проверочный расчет точности сборки железобетонной рамной конструкции высотой 10 м, длиной фермы  $l_1 = 18$  м и расстоянием между разбивочными осями  $l = 18$  м.

Согласно СНиП допуск совмещения колонны в нижнем сечении  $\Delta x_a = 10$  мм, а в верхнем сечении  $\Delta x_b = 50$  мм (при высоте 10 м). Допуск линейного размера при изготовлении железобетонной стропильной фермы длиной 18 м согласно ГОСТ 20213—74 равен  $\Delta x_{l_1} = 40$  мм. Величина допуска разбивки осей в плане для 4-го класса точности (см. табл. III.9) при расстоянии  $l = 18$  м составит  $\Delta x_l = 16$  мм.

С учетом приведенных допусков на составляющие размерную цепь элементы определим по формуле (XII.8) допуск зазора:

$$\Delta x_c = \sqrt{0,5 \times 16^2 + 0,5 \times 40^2 + 10^2 + 50^2} = \sqrt{3528} = 59 \text{ мм.}$$

Для упрощения решения в уравнение точности не включены некоторые допуски составляющих звеньев, в частности допуски нанесения установочных рисок и укладки фермы с соблюдением равенства зазоров.

Учитывая, что геометрическая точность нормируется предельными отклонениями, расчеты рекомендуется вести с заменой уравнения (XII.8) уравнением точности, характеризующей предельными отклонениями (симметричным)

$$\delta x_c = \sqrt{0,5\delta x_l^2 + 0,5\delta x_{l_1}^2 + \delta x_a^2 + \delta x_b^2}. \quad (\text{XII.8}')$$

В результате решения уравнений точности (XII.8) или (XII.8') определяются соответственно допуск или предельное отклонение, а также номинальные и предельные ( $C_{\max}$  и  $C_{\min}$ ) размеры зазора (замыкающего звена):

$$C_{\max} = C_0 + \Delta x_c / 2 \text{ или } C_{\max} = C_0 + \delta x_c;$$

$$C_{\min} = C_0 - \Delta x_c / 2 \text{ или } C_{\min} = C_0 - \delta x_c. \quad (\text{XII.9})$$



Формулы (XII.9) следует понимать следующим образом: в случае, если проектом предусмотрено опирание торцов фермы по оси колонны, т.е. когда  $C_0 = 0$ , величины  $C_{\max}$  и  $C_{\min}$  определяют возможное смещение торцов фермы с оси колонн; при  $C_0 \neq 0$ ,  $C_{\max}$  и  $C_{\min}$  определяют величины возможного увеличения или уменьшения зазора  $C_0$ .

Из выполненного расчета видно, что значительную часть суммарного допуска зазора ( $\Delta x_c = 59$  мм) составляет допуск наклона колонн ( $\Delta x_b = 50$  мм). Поэтому повышение точности сопряжения (зазора) рассматриваемой конструкции следует начинать с мер по уменьшению погрешностей установки верха колонн путем применения эффективной монтажной оснастки, приемов монтажа и методов измерений.

Полученные предельные размеры зазора ( $C_{\max}$  и  $C_{\min}$ ) проверяют на допустимость в отношении обеспечения несущей способности, долговечности и других эксплуатационных показателей рассматриваемой конструкции, а также на технологическую возможность качественной заделки зазора  $C$ . По величине их судят о соответствии принятых технологических условий изготовления и монтажа сборных элементов функциональным требованиям, предъявляемым к конструкции, и о необходимости разработки конструктивных или технологических мер по обеспечению собираемости конструкции.

Если проектом предусмотрено соблюдение заданной величины одного из зазоров, например  $C_2 = 20$  мм, то в этом случае задача заключается в определении допуска зазора  $C_1$ .

Идя последовательно по часовой и против часовой стрелки от исходного звена к замыкающему  $C_1$  вплоть до образования замкнутого контура (см. рис. XII.2), выявляем, как и в предыдущем случае, составляющие звенья цепи, влияющие на размеры замыкающего звена:

$$l = l_1 + a_1 + b_1 + c_1 + a_2 + b_2 + c_2.$$

Рассмотрим, как это требуется задачей, размерную цепь относительно зазора  $C_1$ , при одинаковых смещениях ( $a_1 = a_2 = a$ ) низа колонн с разбивочной оси и одинаковом их наклоне ( $\theta_1 = \theta_2 = \theta$ ):

$$C_1 = l - l_1 - 2a - 2b - c_2.$$

Тогда уравнение точности для рассматриваемой цепи будет иметь вид:

$$\Delta x_{c_1} = \sqrt{\Delta x_{l_1}^2 + \Delta x_{l_1}^2 + 2\Delta x_a^2 + 2\Delta x_b^2 + \Delta x_c^2}. \quad (\text{XII.10})$$

При приобретении определенных навыков процедура расчета точности сборки конструкций может несколько меняться.

**Пример 2.** Проверочный расчет точности зазора между опорами фермы и стойкой стальных колонн каркасных промышленных зданий. При расчете точности сборки данной конструкции, эскиз которой представлен на рис. XII.3, решаем подобно предыдущему примеру, прямую задачу, т. е. по известным технологическим допускам длины  $\Delta x_{н}^{\Delta\Phi}$  и положения  $\Delta x_{с.р}^{\Delta\Phi}$  стальной фермы, положения колонны  $\Delta x_{с.о}$  и  $\Delta x_{с.в}$  и разбивочных осей  $\Delta x_{р.о}$  определяем допуск  $\Delta x_c$  регулируемого зазора  $C_1$ , являющегося замыкающим в размерной цепи. Расчет произведем из условия соблюдения заданного проектного (фланцевое соединение) размера зазора  $C_2$ . Исходным звеном, являющимся началом накопления погрешностей, примем расстояние между двумя соседними продольными разбивочными осями. Составляющими звеньями цепи допусков (см. рис. XII.3), влияющими на размер замыкающего звена, являются допуски: разбивки осей в плане  $\Delta x_{р.о} = 12$  мм (ГОСТ 21779—82, СНиП); разметки установочных рисок  $\Delta x_{р.э} = 3$  мм; совмещения ориентиров колонны в нижнем сечении  $\Delta x_{с.о} = 10$  мм (ГОСТ 21779—82); совмещения ориентиров колонны в верхнем сечении  $\Delta x_{с.в} = 30$  мм (ГОСТ 21779—82); размер фермы, состоящей из двух элементов  $\Delta x_{н}^{\Delta\Phi} = 12\sqrt{2} = 16$  мм (ГОСТ 23119—78); установки фермы для 3-го класса точности  $\Delta x_{с.р}^{\Delta\Phi} = 12$  мм (ГОСТ 21779—82).

Выявленные на основе анализа погрешностей технологических процессов звенья цепи допусков рекомендуется нанести на схемати-

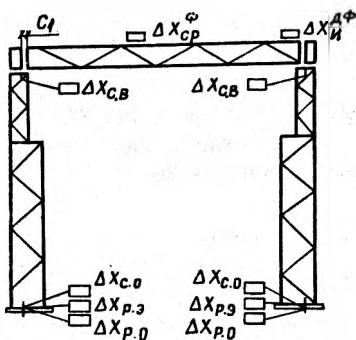


Рис. XII.3. Схема определения зазора между опорами фермы и стойкой стальных колонн



Рис. XII.4. Схема расположения подкрановой балки на консолях колонны (в виде направленных отрезков)

ческий чертеж конструкции в виде структурной схемы полей допусков, обозначенных прямоугольниками, как это показано на рис. XII.3.

Подобно уравнению (XII.10) уравнение допусков будет иметь вид:

$$\Delta x_c = \sqrt{\Delta x_{p.o}^2 + 2\Delta x_{c.o}^2 + 4\Delta x_{p.э}^2 + 2\Delta x_{c.в}^2 + (\Delta x_{н}^{\Delta\Phi})^2 + (\Delta x_{c.p}^{\Phi})^2}. \quad (\text{XII.11})$$

Как видим, в этом примере использована более общая система обозначения допусков составляющих звеньев размерной цепи. Здесь и в последующих примерах принято

$$\Delta x_{p.o} = \Delta x_1; \quad \Delta x_{c.o} = \Delta x_{a_1} = \Delta x_{a_2}; \quad \Delta x_{c.в} = \Delta x_{b_1} = \Delta x_{b_2}; \quad \Delta x_{н} = \Delta x_{l_1}$$

В СНиП на металлические и железобетонные конструкции точность из установки регламентирована предельными отклонениями, поэтому в последнем уравнении точность составляющих звеньев размерной цепи можно выразить и через предельные отклонения:

$$\delta x_c = \sqrt{\delta x_{p.o}^2 + 2\delta x_{c.o}^2 + 4\delta x_{p.э}^2 + 2\delta x_{c.в}^2 + (\delta x_{н}^{\Delta\Phi})^2 + (\delta x_{c.p}^{\Phi})^2}. \quad (\text{XII.11}')$$

С учетом влияния допусков перечисленных технологических операций определим по формуле (XII.11) величину суммарного допуска  $\Delta x_c$  регулируемого зазора между опорами фермы и стойкой стальных колонн:

$$\Delta x_c = \sqrt{12^2 + 2 \cdot 10^2 + 4 \cdot 3^2 + 2 \cdot 30^2 + 16^2 + 12^2} = 51 \text{ мм.}$$

Из уравнения видно, что на суммарную погрешность регулируемого зазора наибольшее количественное влияние оказывает допуск совмещения ориентиров (наклон) колонн в верхнем сечении с разбивочными осями. Следовательно, повышение точности сборки этой конструкции, если это необходимо, целесообразно начинать с уменьшения погрешностей наклона колонн. В качестве технологических мер можно рекомендовать применение монтажной оснастки, приспособлений и инструмента, обеспечивающих более высокую точность при установке конструкции; а также использование методов и средств измерений, обеспечивающих требуемую точность при разбивочных работах, выверке и приемке конструкций.

Предельные размеры  $C_{\max}$  и  $C_{\min}$  регулируемого зазора можно определить по формуле (XII.9). Их значения, отражающие через  $C_0$  техническую целесообразность, а через  $\Delta x_c$  — возможности принятого технологического процесса, будут показывать ожидаемую для принятых условий точность конструкции.

**Пример 3.** Проверочный расчет точности и смещения торцов подкрановых балок с осей стальных колонн. Расчет целесообразно начать с частной задачи, заключающейся в определении допуска зазора между торцами подкрановой балки и осью колонны (рис. XII.4). При этом предусматривается, что первое опорное ребро балки укладывается при условии соблюдения проектного зазора  $C_0$  с осью установленной колонны. Следовательно, определяют допуск зазора между торцом подкрановой балки и осью соседней в продольном ряду колонны  $C_1$ .

В качестве исходного звена принимаем расстояние  $l$  между поперечными разбивочными осями двух соседних в ряду колонн. Выявляем и другие составляющие звенья для написания уравнения размерной цепи:

$$l = l_1 + a_1 + b_1 + C_1 + a_2 + b_2 + C_0.$$

Имея по условию задачи  $C_0 = 0$  и принимая равными смещения низа обеих колонн ( $a_1 = a_2 = a$ ) и их отклонение верха ( $b_1 = b_2 = b$ ) от разбивочной оси, приведем рассматриваемое уравнение размерной цепи относительно зазора  $C_1$

$$C_1 = l - l_1 - 2a - 2b - C_0.$$

Для данной конструкции точность составляющих звеньев характеризуется для стального каркаса соответствующими допусками: разбивки осей  $\Delta x_{p.o} = 6$  мм, совмещения ориентиров колонны в нижнем сечении с разбивочной осью  $\Delta x_{c.o} = 10$  мм, изготовления подкрановой балки по длине  $\Delta x_{н}^{дб} = 10$  мм, совмещения ориентиров колонны на уровне подкранового пути с разбивочной осью  $\Delta x_{c.в} = 24$  мм, укладки подкрановой балки с соблюдением проектного размера зазора  $C_0$  одного торца  $\Delta x_{c.p} = 10$  мм, разметки установочных рисок  $\Delta x_{p.э} = 3$  мм.

С учетом указанных операций составим уравнение допусков:

$$\Delta x_c = \sqrt{\Delta x_{p.o}^2 + 4\Delta x_{p.э}^2 + 2\Delta x_{c.o}^2 + 2\Delta x_{c.в}^2 + (\Delta x_{н}^{дб})^2 + (\Delta x_{c.p})^2}.$$

(XII.12)

Подставляя в уравнение количественные характеристики точности перечисленных выше технологических операций, определим по формуле (XII.12) величину суммарного допуска  $\Delta x_c$  зазора между торцом подкрановой балки и геометрической осью колонны

$$\Delta x_c = \sqrt{6^2 + 4 \cdot 3^2 + 2 \cdot 10^2 + 2 \cdot 24^2 + 10^2 + 10^2} = 41 \text{ мм.}$$

Нетрудно заметить, что на суммарный допуск зазора  $\Delta x_c$  оказывает наибольшее количественное влияние допуск наклона (совмещения ориентиров) колонн на уровне подкрановых путей.

Поэтому рекомендации по повышению уровня собираемости конструкции технологическими мерами должны быть направлены прежде всего к этому параметру. К ним относится обеспечение вертикальности при установке колонн, достигаемое путем применения соответствующей

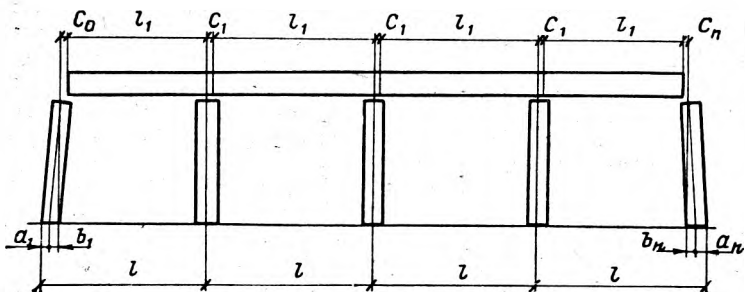


Рис. XII.5. Схема разрезных подкрановых балок

монтажной оснастки, методов и средств измерений при выверке колонн, обеспечения точности подготовки опорных поверхностей фундамента.

**Пример 4.** Проверочный расчет смещения последней подкрановой балки на крайней в ряду колонне (рис. XII.5) (исходные данные в предыдущем примере). Рассмотрим монтажный процесс, когда стальные разрезные балки каждой длиной  $l_1 = 12$  м укладываются последовательно по длине 144 м температурного блока. Тогда мы имеем 12  $l$  шагов колонн, перекрываемых 12 балками, соединенными между собой опорными ребрами впритык и стягиваемыми болтами.

За исходное звено размерной цепи сборных элементов рассматриваемой конструкции примем расстояние  $nl$  между поперечными разбивочными осями крайних (в пределах температурного блока) в ряду колонн. Поскольку замыкающее звено данной конструкции параллельно исходному, то для составления уравнения размерной цепи проекции всех остальных составляющих звеньев удобно отнести к размеру исходного звена:

$$nl = nl_1 + (n-1)c_1 + c_0 + a_1 + b_1 + a_n + b_n - C_n.$$

В этом уравнении знаки размеров  $a$  и  $b$  зависят от положения (совмещения ориентиров) крайних колонн.

На точность замыкающего звена рассматриваемой конструкции влияет положение только двух крайних в ряду колонн, тогда как положение остальных колонн не сказывается на зазоре  $C_n$  на крайней колонне.

Принимая одинаковым смещение двух крайних в ряду колонн с разбивочной осью  $a_1 = a_n = a$  и их наклон  $b_1 = b_n = b$ , а также обеспечиваемое технологией монтажа подкрановых балок равенство зазоров между ними  $C_0 = C_1 = C$ , решим уравнение размерной цепи относительно зазора  $C_n$  на последней колонне

$$C_n = nl - nl_1 - nC - 2a - 2b.$$

Тогда, с учетом (XII.6), уравнение допусков для рассматриваемой конструкции будет иметь вид:

$$\Delta x_{C_n} = \sqrt{n\Delta x_{p.o}^2 + n(\Delta x_n^{ДБ})^2 + n\Delta x_c^2 + 2\Delta x_{c.o}^2 + 2\Delta c_{c.в}^2}. \quad (\text{XII.13})$$

Допуски составляющих звеньев цепи характеризуются следующими величинами: положения (разбивки) осей  $\Delta x_{p.o} = 6$  мм, изготовления балки по длине (линейный размер)  $\Delta x_{л}^{дб} = 10$  мм, соблюдения проектного размера зазора  $\Delta x_c = 4$  мм, смещения (совмещения установочных рисок) крайних колонн в нижнем сечении с разбивочной оси  $\Delta x_{c.o} = 10$  мм и наклона крайних колонн на уровне подкрановых балок  $\Delta x_{c.в} = 24$  мм.

Подставляя в формулу (XII.13) приведенные количественные характеристики точности технологических операций, определим величину суммарного допуска  $\Delta x_{c.п}$  зазора между торцом подкрановой балки и геометрической осью крайней колонны

$$\Delta x_{c.p} = \sqrt{12 \cdot 6^2 + 12 \cdot 10^2 + 12 \cdot 4^2 + 2 \cdot 10^2 + 2 \cdot 24^2} = 56 \text{ мм.}$$

Следовательно, величина смещения опорного ребра последней подкрановой балки с оси колонны может достигать  $\delta x_{c.п} = 28$  мм, что обязывает проверить расчет колонны на прочность от внецентренного приложения опорного давления подкрановой балки. Существенное влияние на величину смещения подкрановой балки, а следовательно, на собираемость конструкций в целом оказали наклон двух крайних колонн и значительное число подкрановых балок, укладываемых методом наращивания конструкции.

Несмотря на отсутствие в нормативной документации предельного отклонения на смещение опорного ребра подкрановой балки с оси колонны очевидно, что величиной его более 20 мм пренебрегать нельзя. Принимая для данной конструкции функциональное предельное отклонение  $\delta x_{ф} = 20$  мм, определим отношение  $\delta x_{ф} / \delta x_{c.п} = 20 / 28 = 0,71$ , тогда уровень собираемости по табл. XII.1 равен 97 %.

Для повышения уровня собираемости рекомендуется установку колонн и подкрановых балок начинать со связевой панели. Поскольку вертикальные связи по колоннам обычно предусматривают в середине температурного блока, то число балок, последовательно устанавливаемых в одном из двух направлений, сокращается вдвое, а следовательно, можно ожидать, что уровень собираемости конструкций при такой последовательности монтажа существенно повысится. Практика проектирования и строительства подтверждает целесообразность определения уровня собираемости для каждой конструкции как при ее разработке, так и при проектировании технологических процессов с целью разработки конструктивных и технологических мер по повышению уровня собираемости.

**Пример 5.** Проверочный расчет. Определение суммарной погрешности ширины колеи мостового крана. Будем исходить из приведенных в главе X рекомендаций по окончательной установке подкрановых балок и рельсов относительно разбивочных осей рельсов, вынесенных на кронштейны или опорные площадки балок, или же параллелей этим осям, вынесенным и закрепленным на колоннах на уровне подкранового пути. Для этого варианта технологической схе-

мы монтажа и выверки с учетом принятых на рис. XII.6 обозначений уравнение допусков конструкций будет иметь вид

$$\Delta x_c = \sqrt{\Delta x_{p.o}^2 + 6\Delta x_{p.э}^2 + 4(\Delta x_{p.o}^{yp})^2 + (\Delta x_{c.o}^{пб})^2 + (\Delta x_{c.o}^{пр})^2}. \quad (XII.14)$$

Погрешности производственных операций для собираемой конструкции в уравнении (XII.14) ограничены допусками разбивки осей рельсов у оснований колонн  $\Delta x_{p.o} \approx 4$  мм, разметки рисок на кронштейне для отвеса, подкрановой балке и рельсе  $\Delta x_{p.э} \approx 3$  мм. перенесения точек (по одной с каждого конца ряда колонн) разбивочной оси рельсов  $\Delta x_{p.o}^{yp} = 4$  мм (полным приемом теодолитом Т5 на высоту  $H = 10$  м), совмещения рисок при установке подкрано-

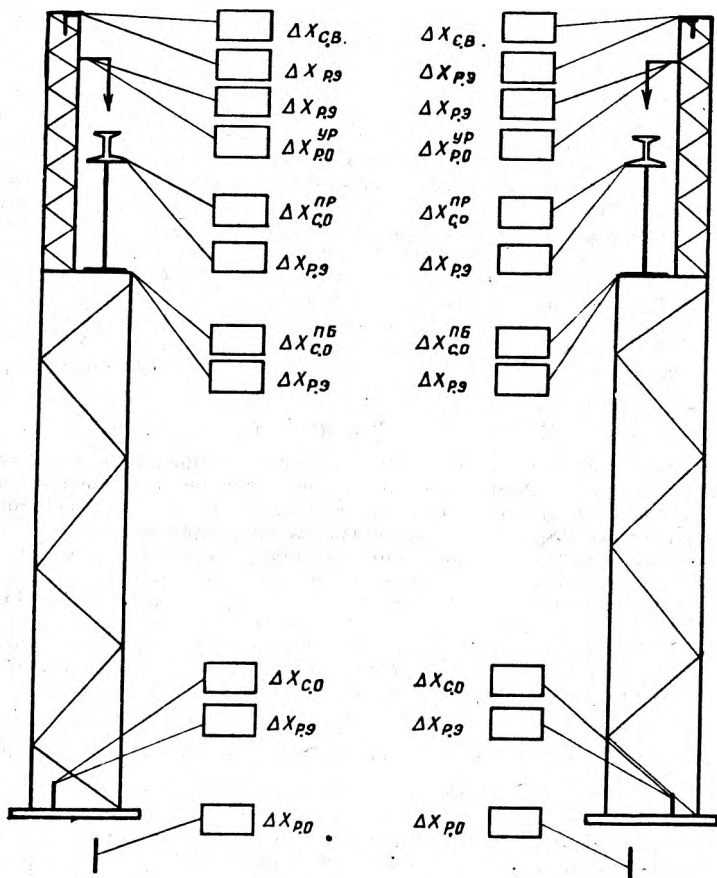


Рис. XII.6. Схема допусков для расчета точности сборки подкранового пути

вых балок  $\Delta x_{c.o}^{пб} = 10$  мм, совмещения рисок при установке подкрановых рельсов  $\Delta x_{c.o}^{пр} = 10$  мм. В уравнении (XII.14) для упрощения расчета учтены не все допуски, в частности, не учтена кривизна рельсов, проектирование с кронштейна оси рельсов нитяным отвесом. Суммарное влияние допусков технологических операций на ширину колеи составляет

$$\Delta x_c = \sqrt{4^2 + 6 \cdot 3^2 + 4 \cdot 4^2 + 10^2 + 10^2} = 18 \text{ мм.}$$

Следовательно, расчетное предельное отклонение ширины колеи от проектной величины составит  $\delta x_c = \pm 9$  мм, т. е. почти равно предельному отклонению  $\delta x = \pm 10$  мм, установленному нормативными документами. Таким образом, перенесение осей рельсов теодолитом Т5 способом наклонного визирирования на уровень монтажа более 10 м может уже не обеспечить требуемую точность соблюдения ширины колеи, т. е. влияние этой погрешности будет значительным (см. табл. X.8).

**Пример 6.** Проверочный расчет проектной высоты верхних полок подкрановых балок и допустимой разности отметок подкрановых рельсов при безвыверочном монтаже. Безвыверочный монтаж должен обеспечиваться более высокой точностью изготовления и сборки конструкций. Рассмотрим вариант, когда колонны опираются фрезерованными торцами на стальные опорные плиты, а подкрановые балки укладывают непосредственно на консоли стальных колонн (без компенсаторов), а затем на них укладывают рельсы. Используя отметку головки подкранового рельса, расположенного на высоте  $H$  в качестве исходного звена (рис. XII.7), составим уравнение размерной цепи для определения допуска отметки (высотного положения) головки подкранового рельса

$$H = H_0 + L + H^{пб} + H^{пр} + C_1 + C_2.$$

Составляющие звенья цепи характеризуют высотное положение верхней поверхности опорной плиты  $H_0$ , изготовление подкрановой части колонны по длине  $L$ , подкрановой балки  $H^{п.б}$  и подкранового рельса по высоте  $H^{п.р}$ , а также зазоры на установку балки  $C_1$  и подкранового рельса  $C_2$ . Составим уравнение допусков

$$\Delta x_H = \sqrt{\Delta x_{o.n}^2 + (\Delta x_H^{дк})^2 + (\Delta x_H^{пб})^2 + (\Delta x_H^{пр})^2 + 2\Delta x_c^2}. \quad (\text{XII.14}')$$

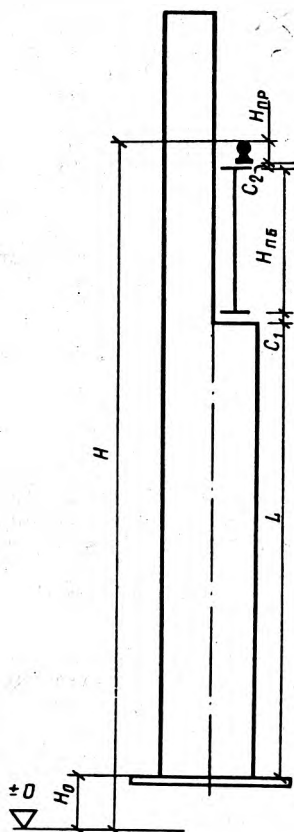
Погрешности производственных операций для принятой технологической схемы монтажа ограничивают допусками высотного положения опорной плиты  $\Delta x_{o.n} = 10$  мм, изготовления подкрановой части стальной колонны по длине  $\Delta x_H^{дк} = 8$  мм, изготовления подкрановой балки по высоте  $\Delta x_H^{пб} = 4$  мм, изготовления подкранового рельса по высоте  $\Delta x_H^{пр} = 2$  мм, соблюдения зазора сопряжения балки с колонной и рельса с балкой  $\Delta x_c = 1$  мм.

С учетом приведенных значений технологических допусков на отдельные операции, определим по формуле (XII.14') суммарный допуск отметки подкранового рельса

$$\Delta x_H = \sqrt{10^2 + 8^2 + 4^2 + 2^2 + 2 \cdot 1^2} = 14 \text{ мм.}$$



Рис. XII.7. Схема составляющих элементов размерной цепи для расчета точности сборки подкранового пути по высоте



Для нормальной эксплуатации крана значительно важнее знать взаимное положение (разность отметок) головок подкрановых рельсов на соседних колоннах по ряду и в пролете. Учитывая независимость монтажа подкрановых балок и рельсов по ряду колонн, напишем уравнение допусков для такого варианта технологической схемы, подобно уравнению (XII.14'), в виде

$$\Delta x_h = \sqrt{\Delta x_{0.п}^2 + 2(\Delta x_{и}^{дк})^2 + 2(\Delta x_{и}^{пб})^2 + 2(\Delta x_{и}^{пр})^2 + 4\Delta x_c^2}. \quad (\text{XII.15})$$

Отметим, что в уравнении (XII.15) допуск  $\Delta x_{оп} = 6$  мм ограничивает разность отметок опорных плит соседних колонн по ряду и в пролете. Соответственно, суммарный допуск  $\Delta x_h$ , представляющий двойную разность отметок головок рельсов на соседних колоннах, определим по формуле (XII.15).

$$\Delta x_h = 2\delta x_h = \sqrt{6^2 + 2 \cdot 8^2 + 2 \cdot 4^2 + 2 \cdot 2^2 + 4 \cdot 1^2} = 14 \text{ мм.}$$

Следовательно, суммарное предельное отклонение для рассматриваемого варианта технологической схемы (безвыверочный монтаж) составит  $\delta x_h = \pm 7$  мм, что вполне удовлетворяет требованию нормативных документов, устанавливающих предельное отклонение на разность отметок головок рельсов в одном поперечном разрезе пролета здания на опорах  $\pm 15$  мм.

**Пример 7.** Проверочный расчет разности отметок головок подкрановых рельсов, укладываемых по железобетонным балкам, опирающимся на железобетонные колонны. В этом случае погрешности технологических операций ограничиваются допусками отметок дна стаканов фундаментов относительно проектных отметок  $\Delta x_{\Phi} = 20$  мм, изготовления подкрановой части ( $l_1 > 15$  м) железобетонной колонны по длине (линейный размер)  $\Delta x_n^{дк} = 20$  мм, изготовления железобетонной подкрановой балки по высоте  $\Delta x_n^{пб} = 10$  мм, изготовления подкранового рельса по высоте  $\Delta x_n^{пр} = 2$  мм, сопряжения подкрановой балки с колонной и рельсом (зазор)  $\Delta x_c = 5$  мм.

Тогда, по аналогии с формулой (XII.15), уравнение допусков для рассматриваемого варианта технологической схемы, выражающее удвоенную разность отметок головок подкрановых рельсов в одном поперечном разрезе пролета здания на опорах, примет вид

$$\Delta x_h = \sqrt{2\Delta x_{\Phi}^2 + 2(\Delta x_n^{дк})^2 + 2(\Delta x_n^{пб})^2 + 2(\Delta x_n^{пр})^2 + 4\Delta x_c^2}. \quad (\text{XII.16})$$

С учетом приведенных значений технологических допусков на отдельные операции определим величину суммарного допуска  $\Delta x_h$ , отражающего двойную разность отметок головок рельсов на соседних колоннах

$$\Delta x_h = 2\delta x_h = \sqrt{2 \cdot 20^2 + 2 \cdot 20^2 + 2 \cdot 10^2 + 2 \cdot 2^2 + 4 \cdot 5^2} = 44 \text{ мм}.$$

Рассматриваемый вариант технологической схемы изготовления и монтажа сборных элементов данной конструкции не обеспечивает требований, предъявляемых к этому геометрическому параметру, поскольку полученная величина  $\delta x_h = \pm 22$  мм превышает предельное нормативное отклонение, равное  $\pm 15$  мм. Поэтому монтажники вынуждены выполнять выверку горизонта опорных поверхностей дна стаканов железобетонных фундаментов нивелиром с последующей подливкой раствором. Кроме того, в дальнейшем проверяют отметки консолей установленных колонн и регулируют их положения по высоте введением дополнительных компенсаторов, например металлических прокладок и столиков под основание подкрановых балок, для обеспечения горизонтальности их верхней поверхности.

**Пример 8.** Проверочный расчет допуска длины опирания плит покрытия на фермы целесообразно начать с соблюдения размеров между фермами или балками, так как с обеспечением точности перекрываемого плитой пролета связана длина их опирания. При этом состав и характер действия погрешностей технологических операций одинаковы при применении балок и ферм, опирающихся непосредственно на колонны.



Подставляя в последнее уравнение приведенные выше допуски на технологические операции, найдем их количественное влияние на размер пролета между фермами вблизи колонны:

$$\Delta x_{\text{пр}}^{\Phi} = \sqrt{12^2 + 2 \cdot 3^2 + 2 \cdot 50^2 + 2 \cdot 3^2 + 2 \cdot 10^2 + 2 \cdot 16^2 + \frac{1}{4} 10^2} = 77 \text{ мм}$$

Предельное отклонение размера пролета между фермами будет равно половине полученного допуска, т. е.  $\delta x_{\text{пр}}^{\Phi} = \pm 38 \text{ мм}$ .

И в этом варианте технологической схемы монтажа решающее влияние на допуск пролета между фермами вблизи колонны оказывает допуск установки железобетонных колонн в вертикальное положение (наклона колонн). Однако, если определять допуск пролета между верхними поясами ферм посередине их длины, то он существенно увеличится за счет дополнительного влияния допуска прямолинейности  $\Delta x_{\text{н}}^{\text{к}\Phi}$  их верхнего пояса, который для стропильных железобетонных ферм пролетом 18 м равен  $\Delta x_{\text{н}}^{\text{к}\Phi} = 70 \text{ мм}$ , а пролетом 24 м достигает уже  $\Delta x_{\text{н}}^{\text{к}\Phi} = 90 \text{ мм}$ .

Уравнение допусков для варианта, когда пролет определяют посередине длины ферм, примет вид:

$$\Delta x_{\text{пр}}^{\Phi} = \sqrt{\frac{1}{2} \Delta x_{\text{р.о}}^2 + (\Delta x_{\text{р.э}}^{\text{к}})^2 + (\Delta x_{\text{с.в}}^{\text{к}})^2 + (\Delta x_{\text{р.э}}^{\Phi})^2 + (\Delta x_{\text{с.н}}^{\Phi})^2 + 2 (\Delta x_{\text{с.в}}^{\Phi})^2 + 2 (\Delta x_{\text{н}}^{\text{к}\Phi})^2} \quad (\text{XII.18})$$

Подставляя в это уравнение величины технологических допусков, найдем их суммарное влияние на допуск размера пролета между 18-метровыми фермами посередине их длины

$$\Delta x_{\text{пр}}^{\Phi} = \sqrt{\frac{1}{2} 12^2 + 3^2 + 50^2 + 3^2 + 10^2 + 2 \cdot 16^2 + 2 \cdot 70^2} = 114 \text{ мм.}$$

Отметим, что в расчетах точности по уравнениям (XII.17) и (XII.18) не учтен допуск  $\Delta x_{\text{с.о}}$  совмещения осей колонн в нижнем сечении с разбивочной осью, как не оказывающий влияния на размер пролета, поскольку верх колонны предусмотрено устанавливать по теодолиту относительно разбивочной оси. Полученные величины допуска  $\Delta x_{\text{пр}}^{\Phi}$  пролета между фермами используют для определения допусков длины опирания плит покрытия на фермы (см. рис. XII, 8).

Так как монтаж ведут с соблюдением равенства длин опирания плит на фермы, уравнение допусков для этого параметра точности можно написать в виде:

$$\Delta x_{\text{А}} = \sqrt{\frac{1}{4} (\Delta x_{\text{пр}}^{\Phi})^2 + \frac{1}{4} (\Delta x_{\text{н}}^{\text{дп}})^2 + (\Delta x_{\text{с.р}}^{\text{п}})^2 + \frac{1}{4} (\Delta x_{\text{н}}^{\text{ш}\Phi})^2} \quad (\text{XII.19})$$

В правой части этого уравнения приведены допуски определения размера пролета между фермами  $\Delta x_{пр}^ф$ , который зависит от геометрических параметров конструкции и определяется решением уравнений точности (XII.17) и (XII.18). Изготовления плиты покрытия по длине  $\Delta x_{н}^{п} = 12$  мм, симметричной установки плит длиной 6 м  $\Delta x_{ср}^{п} = 12$  мм, изготовления фермы по ширине верхнего пояса  $\Delta x_{н}^{шф} = 10$  мм.

С учетом приведенных допусков технологических операций определим допуск длины опирания плит покрытия на фермы по середине их длины, т. е. в месте наибольшего суммарного влияния погрешностей

$$\Delta x_A = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot 114^2 + \frac{1}{4} \cdot 12^2 + 12^2 + \frac{1}{4} \cdot 10^2} = 59 \text{ мм.}$$

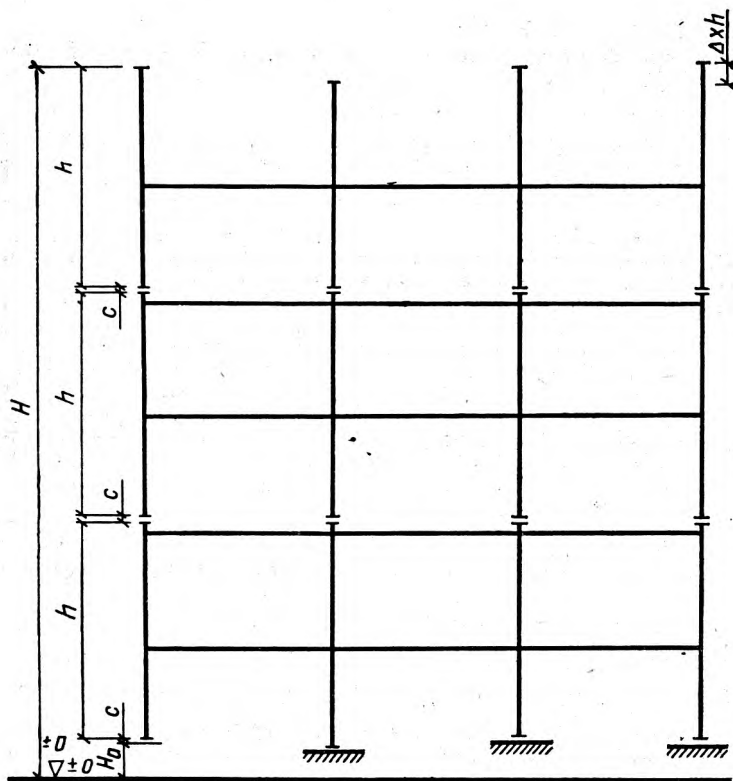


Рис. XII.9. Схема каркаса многоэтажного здания

**Расчет точности конструкций с монтажными соединениями на болтах.** Преимущество конструкций с монтажными соединениями на болтах [7] заключается в более рациональном использовании рабочего времени монтажников при выполнении соединений собираемых элементов сразу после их установки и полного исключения мелких объемов сварочных работ в каждом узле. Однако принятая ориентация на применение болтовых соединений требует расчета точности таких конструкций и проверки технологических схем на их собираемость, так как их применение оправдано лишь при условии обеспечения высокого уровня собираемости конструкций, т.е. когда конструктивное решение, действительная точность разбивочных работ, а также изготовление и установка монтажных элементов обеспечивают совпадение болтовых отверстий в пределах разности диаметров отверстий и болта.

При блочном монтаже покрытий парно связанные между собой фермы устанавливаются на колонны. При таком монтаже монтажники обязаны обращать особое внимание на смещение их из плоскости рамы в связи с меньшей несущей способностью шатровой ветви колонны относительно оси наименьшей жесткости.

**Пример 9.** Проверочный расчет точности смещения осей ферм с осей верха колонн (рис. XII. 10). Уравнение размерной цепи при этом имеет вид

$$l = 2a + 2b + 2c + l_1.$$

В этом уравнении в качестве исходного звена принято положение поперечных разбивочных осей, фиксирующих шаг колонн. Прием также, что вертикальность колонны при ее монтаже проверяют по нитяному отвесу, что допустимо для колонн небольшой высоты. Поскольку блок покрытия монтируют по методу симметричной установки на оголовки колонн, то его смещение из плоскости рамы в рассматриваемой размерной цепи связано с другими составляющими звеньями зависимостью

$$c = (l - l_1) / 2 - a - b.$$

Соответственно, уравнение допусков для технологических операций этой цепи имеет вид:

$$\Delta x_c = \sqrt{\frac{1}{4} \Delta x_{p.o}^2 + 2\Delta x_{p.э}^2 + \frac{1}{4} (\Delta x_{и}^{6п})^2 + \Delta x_{с.о}^2 + \Delta x_{н.к}^2} \quad (\text{XII. 20})$$

Если же выверку колонны в верхнем сечении планируется осуществлять относительно разбивочной оси с применением теодолита, то последние два допуска  $\Delta x_{с.о}$  и  $\Delta x_{н.к}$  в уравнении (XII.20) заменяют допуском совмещения оси колонны  $\Delta x_{с.в}$  в верхнем сечении с разбивочной осью.

Погрешности технологических операций для рассматриваемой конструкции ограничиваются допусками разбивки (взаимного положения соседних) осей  $\Delta x_{p.o} = 6$  мм, изготовления блока покрытия по ширине  $\Delta x_{и}^{пб} = 14$  мм, совмещения осей колонны в нижнем сечении с разбивочной  $\Delta x_{с.o} = 10$  мм, наклона колонны высотой до 15 м  $\Delta x_{н.к} = 30$  мм.

Суммарное влияние приведенных допусков составляющих звеньев цепи на допуск зазора между осями стропильных ферм блока и осью колонн составит

$$\Delta x_c = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot 6^2 + 2 \cdot 3^2 + \frac{1}{4} \cdot 14^2 + 10^2 + 30^2} = 32 \text{ мм.}$$

Следовательно, величина смещения осей ферм с осей верхнего сечения даже сравнительно невысоких ( $H < 15$  м) колонн может достигать 16 мм.

Анализ значений допусков в уравнении (XII.21) показывает, что на величину эксцентриситета при опирании блока покрытия на колонну решающее влияние оказывает допуск наклона колонны. Так, при высоте колонн  $H = 35$  м предельное отклонение от вертикали  $\delta x_{н.к} = 35$  мм, а величина смещения  $\delta x_c$  и того больше. Поэтому возможность установки блока покрытия на колонны с таким эксцентриситетом должна проверяться расчетом колонн на прочность и устойчивость.

**Пример 10.** Проверочный расчет точности определения допуска на болтовое соединение вертикальных связей с колоннами (рис. XII.11). В такой конструкции вертикальные связи соединяются с колоннами под острым углом.

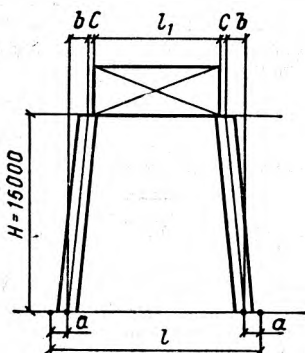


Рис. XII.10. Схема опирания блока покрытия на колонны (вдоль ряда колонн)

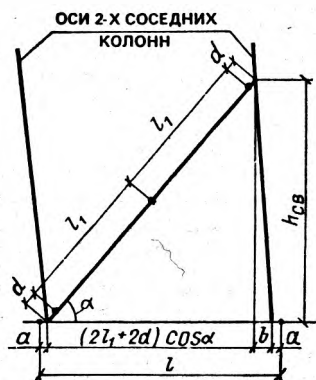


Рис. XII.11. Схема вертикальных связей по колоннам

В качестве исходного звена для составления уравнения размерной цепи примем расстояние  $l$  между разбивочными осями, характеризующее шаг колонн

$$l = 2a + b + 2(l_1 + d) \cos \alpha,$$

где  $l_1$  — длина каждого из двух отправочных элементов вертикальных связей;  $d$  — замыкающее звено (болтовое соединение связей с колоннами);  $\alpha$  — угол наклона связей.

Рассмотрим это уравнение относительно замыкающего звена:

$$d = (l - 2a - b - 2l_1 \cos \alpha) / (2 \cos \alpha).$$

Известно, что приращение (погрешность) функции при малых приращениях аргументов и ограниченных по величине производных приближенно равно ее полному дифференциалу.

С учетом этого и принимая (для упрощения расчетов) величину наклона  $\alpha$  связей к горизонту неизменной, будем иметь

$$\Delta \alpha = [1 / (2 \cos \alpha)] \Delta l - (1 / \cos \alpha) \Delta a - [1 / (2 \cos \alpha)] \Delta b - l_1.$$

Это соотношение между погрешностями замыкающего и составляющих звеньев цепи такое же, как и для линейной функции, только коэффициентами здесь служат значения частных производных  $1 / \cos \alpha$  и  $1 / (2 \cos \alpha)$ . Поэтому приближенное уравнение допусков для рассматриваемой схемы будет

$$\Delta x_d = \sqrt{\frac{1}{4 \cos^2 \alpha} \Delta x_{p.o.}^2 + \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Delta x_{c.o.}^2 + \frac{1}{4 \cos^2 \alpha} \Delta x_{c.b.}^2 + \Delta x_u^2}. \quad (\text{XII.21})$$

При шаге колонн  $l = 12$  м и  $h_{c.b.} = 12,7$  м угол наклона составляет  $46^\circ 40'$ , а  $\cos \alpha = 0,686$ .

Допуск  $\Delta x_{p.o.}$ , характеризующий точность разбивки осей (размер  $l = 12$  м), примем согласно главе СНиП равным  $\Delta x_{p.o.} = 6$  мм. Смещение низа колонны (звено «а») с разбивочной оси характеризуется допуском  $\Delta x_{c.o.} = 10$  мм. Наклон колонны (звено «б») на уровне ( $h_{c.b.} = 12$  м) крепления верхнего конца связи ограничивается допуском  $\Delta x_{c.b.} = 30$  мм, нормативная точность собранных двух отправочных элементов (длиной  $l_1$ ) вертикальной связи  $\Delta x_u = 10\sqrt{2} = 14$  мм.

Подставляя приведенные значения допусков в уравнение (XII.22), определим их суммарное влияние на замыкающее звено  $d$

$$\Delta x_d = \sqrt{\frac{1}{4 \cdot 0,686^2} \cdot 6^2 + \frac{1}{0,686^2} \cdot 10^2 + \frac{1}{4 \cdot 0,686^2} \cdot 30^2 + 14^2} = 30 \text{ мм.}$$

Наибольшее количественное влияние на суммарный допуск  $\Delta x_d$  в данной конструкции оказывает величина наклона колонны на уровне крепления к ней вертикальной связи. При болтовом креплении вертикальных связей по колоннам величина функционального допуска  $\Delta x_{\phi}$  равняется разности диаметров отверстия 28 мм и болта 24 мм, т. е. составляет 4 мм. Тогда уровень собираемости конструкции, зависящий от отношения  $\Delta x_{\phi} / \Delta x_{\Sigma} = 4 \text{ мм} / 30 \text{ мм} = 0,133$ , составит (см. табл. XII.1) всего 30 %. Совершенно очевидно, что



для обеспечения полной собираемости данной конструкции необходимы конструктивные или технологические меры или то и другое. В качестве технологической меры, обеспечивающей повышение уровня собираемости, заслуживает внимания предложение по установке колонн в связевой панели с меньшим отклонением от вертикали.

### *Вопросы для повторения*

1. В чем заключается основная задача расчета точности конструкций?

2. Назовите конструктивные меры по обеспечению собираемости конструкций.

3. Какие технологические меры по обеспечению собираемости конструкций на стадии изготовления изделий и монтажных работ Вы знаете?

4. Что понимают под размерной цепью и из каких звеньев она состоит?

5. Какие звенья размерной цепи называют замыкающими, составляющими, исходными и компенсирующими и каково их назначение?

6. Что характеризуют уравнение размерной цепи и уравнение погрешностей (допусков)? Приведите примеры.

7. Чему равен допуск замыкающего звена размерной цепи?

8. В чем отличие вероятностного метода расчета суммарного допуска от метода максимума—минимума?

9. В чем заключается сущность методов подгонки и регулирования при сборке конструкций и их назначение?

10. Назначение прямой, обратной и комбинированной задач при расчете точности.

11. Порядок выполнения расчета точности и его основа.

12. Как определить допуск замыкающего звена (зазора С) конструкции рамного типа?

13. Погрешности каких технологических операций учитывают при расчетах точности зазора между опорами фермы и стойкой стальных колонн?

14. Погрешности каких технологических операций влияют на смещение торцов подкрановых балок с осей колонн?

15. Погрешности каких технологических операций влияют на расстояние между осями подкрановых рельсов одного пролета?

16. По каким ориентирным рискам или осям рекомендуется устанавливать подкрановые балки и рельсы?

17. Погрешности каких технологических операций влияют на высоту подкрановых балок и разность отметок подкрановых рельсов?

18. Погрешности каких технологических операций влияют на длину опирания плиты покрытия на фермы?

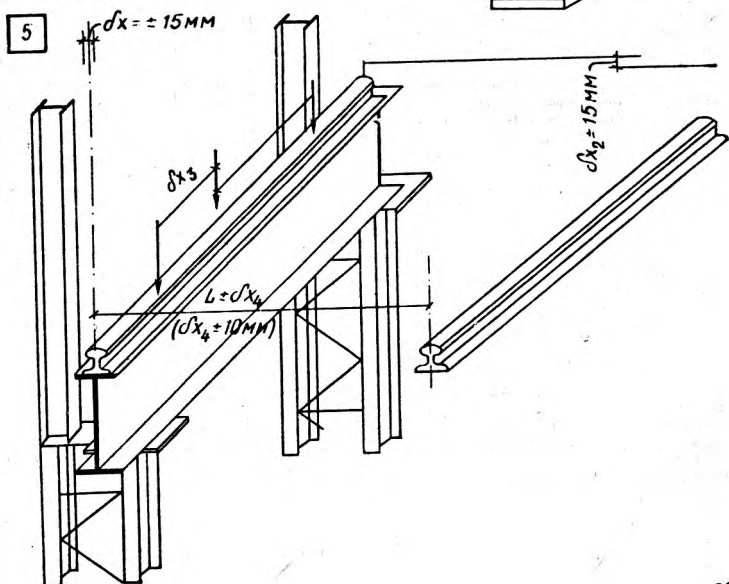
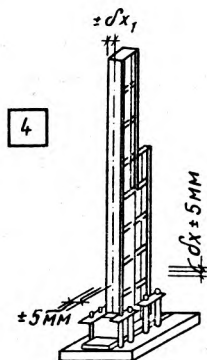
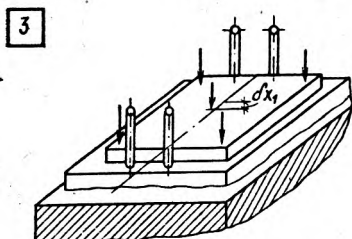
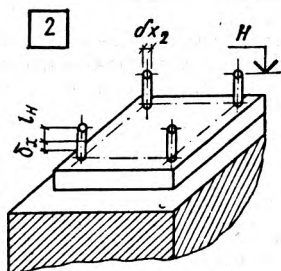
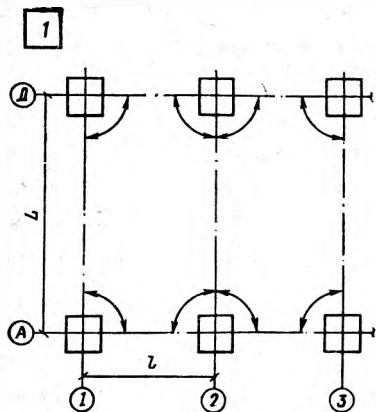
19. Погрешности каких технологических операций влияют на смещение блока покрытия с оси колонн?

20. Погрешности каких технологических операций влияют на соединение вертикальных связей с колоннами?

21. Как определить влияние погрешностей технологических операций на разность отметок верха железобетонных колонн многоэтажных зданий?

**Предельные отклонения параметров от проектных значений  
при контроле точности монтажа конструкций**

Контролируемые параметры	Предельное отклонение, мм
<b>Разбивка осей (схема 1)</b>	
Отклонение положения разбивочных осей длиной $L$ и $l$ , м: до 9 9—15 15—21 21—27 27—33 св. 33	$\pm 2,5$ $\pm 3,0$ $\pm 3,5$ $\pm 4,0$ $\pm 4,5$ $\pm \sqrt{n}$ ( $n$ — число уложений рулетки)
<b>Фундаментные болты (схема 2)</b>	
Отклонение отметки $H$ верхнего торца Смещение в плане $\delta x_2$ болтов: расположенных внутри контура опоры расположенных вне контура опоры Отклонение длины нарезки $\delta x$	$+20,0$ 5 10 $+30; 0$
<b>Опорные плиты колонн (схема 3)</b>	
Отклонение отметок $\delta x_1$ Уклон	$\pm 1,5$ $1 : 1500$
<b>Колонны (схема 4)</b>	
Смещение осей относительно разбивочных осей (в нижнем сечении) $\delta x$ Отклонение осей от вертикали в верхнем сечении $\delta x_1$ при высоте колонны, м: до 15 более 15	5 $\pm 15$ $1/1000$ высоты, но не более 35 мм
<b>Покрановые пути (схема 5)</b>	
Смещение оси подкранового рельса с оси подкрановой балки $\delta x$ Разность отметок головок подкрановых рельсов в одном разрезе пролета: на опорах $\delta x_2$ в пролете	15 15 20
Разность отметок $\delta x_3$ подкрановых рельсов на соседних колоннах при расстоянии $L$ между ними, м: менее 10 более 10	10 $(1/1000)L$ , но не более 15 мм
Отклонение расстояний между осями подкрановых рельсов одного пролета $\delta x_4$ Взаимное смещение торцов смежных подкрановых рельсов по высоте и в плане	$\pm 10$ $\pm 10$ $\pm 2$





## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Взаимозаменяемость сборных элементов 14  
Горизонт исходный 114  
монтажный 114  
Горизонтальность головок рельсов 237  
Допуски линейных размеров 37  
— передачи точек и осей по вертикали 45  
— — высотных отметок 46  
— перпендикулярности поверхностей 41  
— прямолинейности сборных элементов 39  
— разбивки точек и осей в плане 44  
— — высотных отметок 46  
— симметричности установки элементов 48  
— совмещения ориентиров 50  
— створности точек 45  
— технологические 27  
— функциональные 27  
Единица допуска 33  
— измерений 58  
Единообразие средств измерений 55  
Звено размерной цепи замыкающее  
— — — исходное 268  
— — — компенсирующее 274  
— — — составляющее 268  
Измерения вертикальные 119  
высотные 111  
— косвенные 59  
— линейные 84  
— непосредственные (прямые) 59  
— угловые 100  
Компарирование рулетки 88  
Контроль вертикальности установки колонн 183  
— входной 247  
— инспекционный 248  
— операционный 247, 250  
— приемочный 248  
Коэффициент точности 33  
Метрология 55  
Метод регулирования 274  
Монтаж стальных конструкций безвыверочный 174  
— — — свободный 165  
Наклон колонн 185  
Нивелирование геометрическое 112  
— гидростатическое 112  
— тригонометрическое 112  
Нормкомплект средств измерений 255, 258  
Обратная задача расчета точности 275  
Оси здания главные 126  
— — основные 126  
— — поперечные 127  
— — продольные 127  
— разбивочные 127, 155  
Отклонение выборочное среднее 24  
— — — квадратическое 24  
Отклонения грубые 17  
— действительные 15  
— предельные 25  
— систематические 17  
— случайные 18  
— суммарные технологические 270  
Оценка качества работ 163  
Перенесение в натуру проекта 126  
— — осей рельса на уровень подкранового пути 223  
Погрешности изготовления конструкций 15  
— измерений 65  
— монтажа конструкций 21  
— разбивочных работ 19  
Показатели средств измерений метрологические 61  
Поправка на наклон местности 91  
— превышение между концами рулетки 91  
— провес рулетки 227  
— разность температур 94  
Построение проектных углов 107  
— — — длин линий 85  
Приемка листовых конструкций 200  
— фундаментов 154  
Прямая задача расчета точности 275  
Прямолинейность рельсового пути 231  
Разбивка осей подкрановых рельсов 222  
Размер действительный 13  
— номинальный 13  
Размеры крановых рельсов 211  
Разметка осевых и ориентирных рисок 165  
Расчет точности сборки конструкций 274, 279  
Рейка измерительная 142  
Риски ориентирные 167  
— установочные 167  
Система технологических допусков 31  
Смещение оси колонн 180  
Собираемость конструкций 14  
Способ бокового нивелирования 188  
— вертикального нивелирования 120  
— контроля положения опорных плит раздельный 176  
— ориентирования конструкций при монтаже 171  
Средства измерений 60  
Стабильность технологического процесса 261  
Схема операционного контроля качества 248, 251  
Съемка исполнительная 186  
Точность в строительстве геометрическая 15  
Угольник 145  
Управление качеством строительномонтажных работ 7  
Уравнение размерной цепи 269  
Уровень качества 8  
— сборности 6  
— собираемости 14  
Условия измерений 59  
Установка колонн 178, 180  
— опорных плит 175  
— пунктов в створе линий 106  
Характеристики конфигураций сборных элементов 38  
Центрирование теодолита 101  
Цепи размерные 267  
Штангенциркуль 100, 144

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский А. В., Корниенко В. С. Монтаж железобетонных и стальных конструкций.— М.: Высшая школа, 1980.— 432 с.
2. Ганьшин В. Н., Репалов И. М. Геодезические работы при строительстве и эксплуатации подкрановых путей.— М.: Недра, 1980.— 120 с.
3. Журавлев А. Н. Допуски и технические измерения.— М.: Высшая школа, 1981.— 256 с.
4. Козловский Н. С., Виноградов А. И. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения.— М.: Машиностроение, 1982.— 284 с.
5. Корниенко В. С., Корниенко А. В., Рзаев М. А. Монтаж стальных и железобетонных конструкций.— М.: Стройиздат, 1982.— 166 с.
6. Методические рекомендации по организации метрологического обеспечения строительного-монтажных работ/ЦНИИОМТП. Бюро внедрения.— М., 1980.— 56 с.
7. Мойжес Б. Я. Собираемость конструкций с монтажными соединениями на болтах /Министерство монтажных и специальных строительных работ СССР ЦБНТИ. Серия 11. Экспресс-информация.— М., 1983.— С.7.
8. Монтаж стальных и железобетонных конструкций./Под ред. И. П. Олесова. — М.: Стройиздат, 1980.— 864 с.
9. Пищаленко Ю. А., Покрасс Л. И. Управление качеством строительства. — Киев: Вища школа, 1985.— 120 с.
10. Рекомендации по расчету точности сборки конструкций зданий/ ЦНИИОМТП Госстроя СССР.— М., 1983.— 134 с.
11. Система допусков в строительстве/ЦНИИЭП учебных зданий.— М., 1981.— 63 с.
12. Столбов Ю. В. Статистические методы контроля качества строительного-монтажных работ.— М.: Стройиздат, 1982.— 86 с.
13. Сундуков Я. А. Геодезические работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий.— М.: Недра, 1980.— 343 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Введение . . . . .	4
<b>Глава I. Основные сведения об индустриализации строительства и взаимозаменяемости сборных элементов и конструкций . . . . .</b>	<b>6</b>
1. Основные цели и задачи индустриализации строительства	6
2. Пути повышения качества и эффективности монтажных работ . . . . .	7
3. Понятие о размерах, форме, сопряжениях, геометрической точности и взаимозаменяемости строительных конструкций . . . . .	12

<b>Глава II. Геометрическая точность в строительстве . . . . .</b>	<b>15</b>
4. Погрешности изготовления сборных элементов . . . . .	15
5. Погрешности разбивочных работ . . . . .	19
6. Погрешности монтажа строительных конструкций . . . . .	21
7. Характеристики точности и их взаимосвязь . . . . .	22
<b>Глава III. Система допусков в строительстве . . . . .</b>	<b>27</b>
8. Понятие о технологических и функциональных допусках . . . . .	27
9. Характеристика основных функциональных и технологических допусков . . . . .	28
10. Структура системы технологических допусков . . . . .	31
11. Интервалы номинальных размеров и значения технологических допусков . . . . .	34
12. Допуски линейных размеров элементов . . . . .	37
13. Допуски конфигурации элементов . . . . .	38
14. Допуски разбивочных работ . . . . .	43
15. Допуски установки элементов . . . . .	46
<b>Глава IV. Основы технических измерений в строительстве . . . . .</b>	<b>55</b>
16. Общие сведения о метрологии, ее назначение и задачи в строительстве . . . . .	55
17. Понятие об измерениях и единицах физических величин . . . . .	57
18. Классификация технических средств и методов измерения . . . . .	58
19. Метрологические показатели средств измерений . . . . .	61
20. Обеспечение единства измерений . . . . .	63
21. Погрешности измерений, их классификация и источники возникновения . . . . .	65
22. Способы повышения точности измерений и результата многократных измерений . . . . .	69
23. Числовые характеристики точности результатов измерения . . . . .	70
24. Математическая обработка результатов измерения . . . . .	73
<b>Глава V. Методы и средства измерений при монтаже конструкций . . . . .</b>	<b>84</b>
25. Линейные измерения . . . . .	84
26. Угловые измерения . . . . .	100
27. Высотные измерения . . . . .	111
28. Вертикальные измерения . . . . .	119
<b>Глава VI. Разбивочные работы на монтажной площадке. . . . .</b>	<b>125</b>
29. Виды разбивочной основы и точность измерений при ее приемке . . . . .	125
30. Общие принципы и основные элементы разбивочных работ . . . . .	132
31. Выбор средств и рекомендуемые методы измерений. . . . .	137
<b>Глава VII. Контроль точности изготовленных сборных элементов на монтажной площадке . . . . .</b>	<b>138</b>
32. Задачи измерений при приемке конструкций . . . . .	138
33. Приспособления для контроля размеров сборных элементов и конструкций . . . . .	141

34. Средства для контроля формы сборных строительных конструкций . . . . .	145
35. Способы и точность измерений . . . . .	150
<b>Глава VIII. Допуски на приемку фундаментов . . . . .</b>	<b>154</b>
36. Требования к размерам и форме возведенных фундаментов . . . . .	154
37. Выбор средств и методов измерений . . . . .	158
38. Оформление результатов контроля и приемки геометрических параметров фундаментов . . . . .	160
<b>Глава IX. Обеспечение точности монтажа строительных конструкций . . . . .</b>	<b>163</b>
39. Расчет требуемой точности измерений при установке конструкций . . . . .	163
40. Разметка осевых и ориентирных рисок . . . . .	165
41. Способы измерений и рекомендуемые приборы для обеспечения точности установки опорных плит . . . . .	174
42. Измерения, сопровождающие установку колонн с требуемой точностью . . . . .	178
43. Контрольные измерения при монтаже ригелей, ферм и плит . . . . .	193
44. Оформление результатов контроля и приемки смонтированных конструкций . . . . .	198
<b>Глава X. Обеспечение точности монтажа подкрановых путей 209</b>	<b>209</b>
45. Общие сведения о кранах . . . . .	209
46. Требования к геометрическим параметрам подкрановых путей . . . . .	210
47. Разбивка осей подкрановых рельсов . . . . .	222
48. Способы измерения и рекомендуемые инструменты для монтажа подкрановых путей . . . . .	229
49. Контроль и оформление результатов измерения положения подкрановых балок и рельсов . . . . .	236
<b>Глава XI. Оценка точности монтажных процессов . . . . .</b>	<b>243</b>
50. Основные положения . . . . .	243
51. Методы и средства контроля . . . . .	247
52. Определение действительной точности геометрических параметров при изготовлении и монтаже сборных элементов 259	259
53. Проверка соответствия геометрической точности продукции технологического процесса соответствующим допускам . . . . .	264
<b>Глава XII. Основы расчета точности сборки конструкций . . . . .</b>	<b>266</b>
54. Понятие о размерных цепях, их виды и назначение 266	266
55. Методические положения по расчету точности сборки конструкций . . . . .	274
56. Расчеты точности сборки конструкций . . . . .	279
Приложения . . . . .	298
Предметный указатель . . . . .	301
Список литературы . . . . .	302