

Криворучко В. Т.

**К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ
СООРУЖЕНИЙ**



ПРОБЛЕМЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Современный строительный бум ставит ряд важнейших задач в области обеспечения геометрических параметров сооружений. Желание строителей строить быстрее не всегда сопровождается качеством строительства. Увеличение высотности зданий требует повышения точности геодезических и строительных работ. Но повышение точности работ на один порядок повышает трудоемкость этих работ минимум на два порядка. Налицо противоречие между трудоемкостью и точностью работ. Целью настоящей работы является поиск оптимальных технических решений, обеспечивающих необходимую точность работ в оптимальные сроки и с минимальными затратами.

Рассмотрим три направления работ по данной теме.

- 1) Передача осей на монтажный горизонт.
- 2) Разбивка осей колонн на монтажном горизонте.
- 3) Контроль качества строительства.



ПЕРЕДАЧА ОСЕЙ НА МОНТАЖНЫЙ ГОРИЗОНТ

■ Не приводя анализ способов передачи осей на монтажный горизонт, отметим, что наиболее точным и оперативным способом является передача осей при помощи приборов вертикального проектирования. Одним из лучших и надежных зенит-приборов является прибор PZL, рис. 1, производства Германии. Его точность составляет 1 мм на 100м. Проблема массового применения PZL заключается только в одной из его стоимостей. В настоящее время стоимость этого прибора достигает 12-15 тыс. грив. Не каждая организация способна выложить такие деньги.

■ Украина выпускает (или выпускала) прибор вертикального проектирования ПВП1, рис. 2, стоимость которого составляет 650 грив. Данный прибор не получил широкого распространения ввиду, как считают некоторые исполнители, недостаточной его точности. Мы поставили задачу проверить данное утверждение. Отметим его конструктивные особенности, рис. 2. Основной особенностью ПВП1 является наличие компенсатора в надирной части прибора. То есть, в отличие от всех геодезических приборов, ПВП1 имеет компенсатор на оптическом центре.

ПЕРЕДАЧА ОСЕЙ НА МОНТАЖНЫЙ ГОРИЗОНТ



PZL ГЕРМАНИЯ

15-20 тыс. грн.

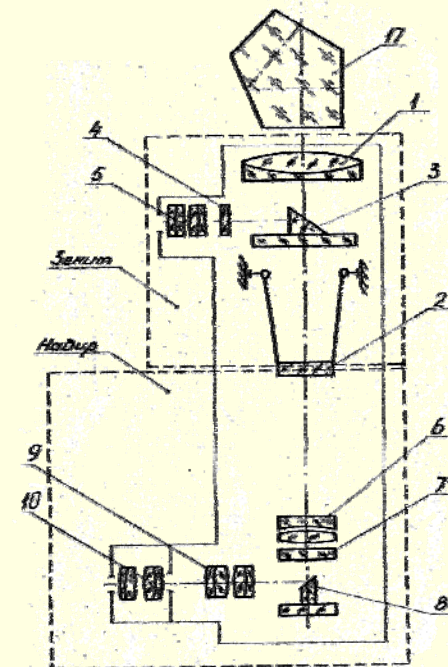
Благодаря компенсатору значительно ускоряется его установка над опорной точкой, что способствует повышению производительности труда. Также отметим, что ПВП1 имеет специальную насадочную призму, превращающую его нивелир. Безусловно, использовать зенит-прибор в качестве нивелира не целесообразно, но наличие призмы позволяет оценить точность работы компенсатора.



ПВП1 УКРАИНА

650 грн

1. Объектив зенитной части. 2. Компенсатор. 3. Призма. 4, 5. Окулярная система зенитной части. 6, 7. Оптика компенсатора надирной части. 8. Призма с объективом надирной части. 9, 10. Окулярная система надирной части. 17. Нивелирная призма.



ПЕРЕДАЧА ОСЕЙ НА МОНТАЖНЫЙ ГОРИЗОНТ

Исследование зенит-прибора ПВП1

Исследование компенсатора

Для оценки пригодности прибора ПВП1 к выполнению работ по вертикальному проектированию были проведены специальные исследования. Программа исследований следующая:

- 1) Исследование работы компенсатора.
- 2) Исследование точности вертикального проектирования по трем точкам.
- 3) Исследование точности передачи осей по вертикали в системах с большими базами.

Исследование компенсатора зенит-прибор выполнено по методике компенсатора нивелира. Установив нивелирную призму, наклоняя корпус прибора подъемными винтами, по нивелирной рейке отслеживался диапазон работы компенсатора и точность компенсации. Исследованию подверглись 4 прибора из которых в трех приборах диапазон работы компенсатора лежал в пределах, показанных на рис. 3.

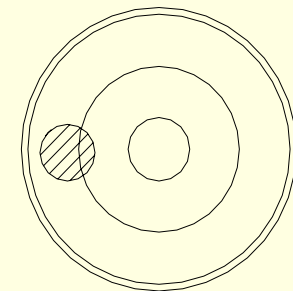


Рис. 3. Диапазон работы компенсатора

ПЕРЕДАЧА ОСЕЙ НА МОНТАЖНЫЙ ГОРИЗОНТ

исследование зенит-прибора ПВП1

исследование компенсатора

При этом отсчеты по рейке не изменялись. В третьем исследуемом образце компенсатор прекращал работать при подходе пузырька уровня к окружности большого круга. Причем было замечено, что в отличие от обычных нивелиров с компенсатором, когда прекращение работы компенсатора происходило практически мгновенно при достижении границы компенсации, в данном приборе при постепенном наклоне корпуса постепенно изменялся отсчет по рейке еще при работающем компенсаторе и только при достижении пузырька уровня границы компенсации он прекращал свою работу.

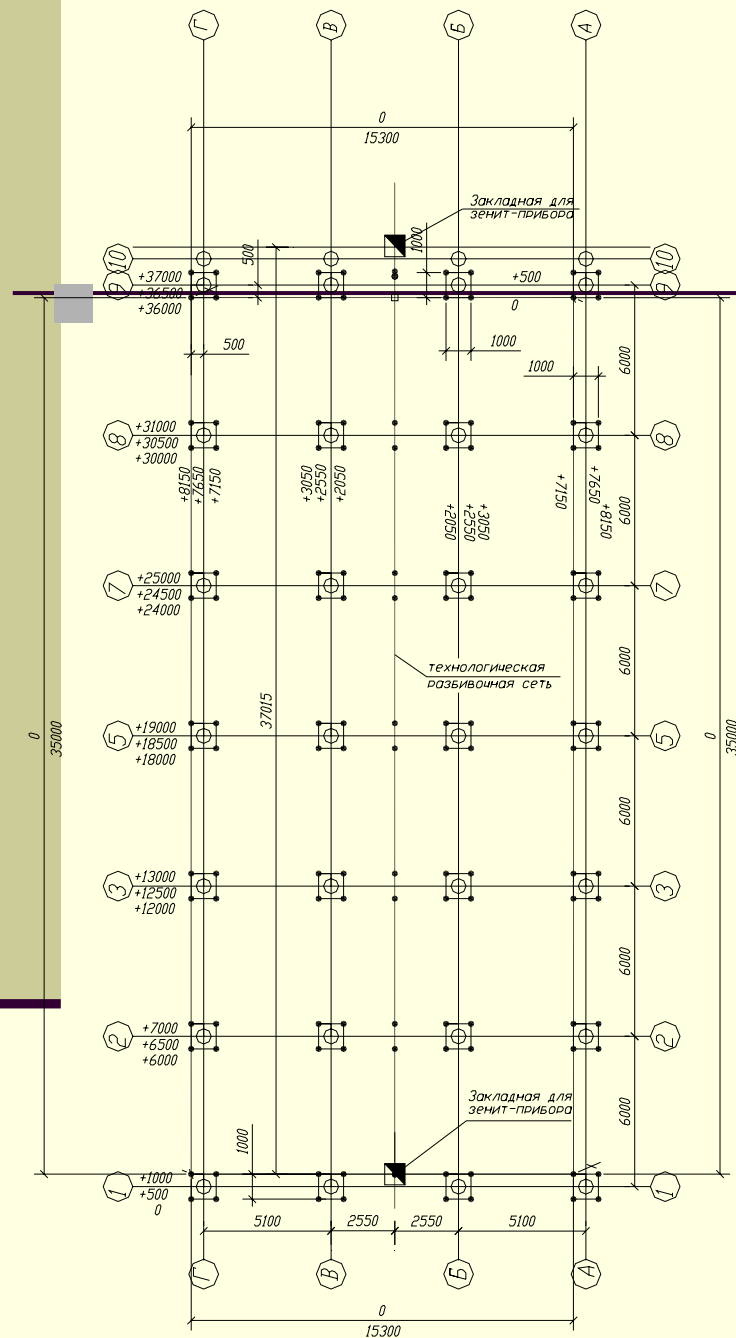
Исследование точности вертикального проектирования зенит-прибором ПВП1

При выполнении исследований точности зенит-прибора по трем точкам на нижнем горизонте на расстоянии порядка 100 мм друг от друга закреплялись три точки. Расстояния между которыми было тщательно измерено стальной линейкой. Эти три точки по полной программе проектировались на монтажный горизонт, находящийся на высоте 50м. Между полученными точками также были измерены расстояния. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты исследования ПВП1 по трем точкам

№ точек	Расстояния между точками на отм. 0.00м, мм	Расстояния между точками на отм. 50.400м, мм	Разность расстояний, мм
1			
2	103,3	103,0	0,3
3	97,0	98,0	1
1	105,5	106,0	-0,5

Как видно из табл. 1, максимальное расхождение между точками не превысило 1мм.

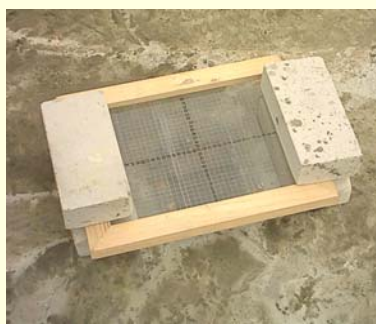


После проведения исследований точности вертикального проектирования на малых базах были проведены исследования на реальной разбивке с использованием баз длиной 35м. На базовом горизонте была создана разбивочная сеть в виде прямоугольника, опирающегося на три зенитные точки. На рис.4 показана только половина разбивочной сети. По результатам вертикального проектирования на отм. 46.2м была построена аналогичная сеть. Контрольные измерения между точками сети показали, что разность расстояний между зенитными точками на базах длиной 70м, измеренных на опорной и текущих горизонтах, не превысила 2мм, а отклонение от прямой линии между тремя зенитными точками составило 5мм. Таким образом, погрешность отечественного зенит-прибора составляет 1:15000, что вполне допустимо для выполнения работ на высотных зданиях.

Делаем предварительный вывод. Отечественный прибор ПВП1 может полностью обеспечить требуемую точность передачи осей по вертикали. Единственное требование – передача должна осуществляться по полной программе. Два независимых приема, состоящих из четырех измерений при разных положениях лимба прибора. Визирный луч должен проходить на расстоянии не менее 100мм от стенок зенитных отверстий. Рабочие моменты передачи осей по вертикали приведены на рис. 5.



**Визирование
зенит-
прибором**



Палетка



**Закрепление
точек**

Рис. 5. Рабочие моменты вертикального проектирования

РАЗБИВКА ОСЕЙ КОЛОНН НА МОНТАЖНОМ ГОРИЗОНТЕ

Важнейшее место в строительном конвейере занимают разбивочные работы на монтажном горизонте. Жесткий график строительства не позволяет выделить необходимое время на выполнения этих работ. Технология строительства такова, что после заливки перекрытия и некоторого затвердения бетона, сразу же ведутся работы по подготовке к бетонированию колонн. Времени на разбивку практически не остается. Выполнять геодезические работы одновременно с монтажными работами практически невозможно. Ситуация усложняется зимой, когда необходим обогрев, сложные погодные условия. Особенно сложная ситуация возникает при строительстве крупных зданий, имеющих большую площадь. Монтаж этих зданий осуществляется, как правило, на двух-трех уровнях, что очень затрудняет производство разбивочных работ.

Проблема. Обеспечить геометрические параметры сооружений при минимальных затратах времени на геодезические работы и с необходимой точностью.

Положение колонн при монолитно-каркасном строительстве определяется результатами разбивки основных осей на монтажном горизонте. Наличие разбивки не гарантирует качество монтажа. Оно зависит: от разметки опалубки, выведения опалубки в вертикальное положение.

РАЗБИВКА ОСЕЙ КОЛОНН НА МОНТАЖНОМ ГОРИЗОНТЕ

Влияние крена опалубки на соосность колонн определяется следующей формулой:

$$\Delta l = \frac{s\beta}{\rho}$$

где s – высота колонны; β – отклонение опалубки от вертикали; ρ – число угловых единиц в одном радиане.

При $s = 3\text{м}$; $\beta = 1'$; $\rho'' = 206265''$ получим $\Delta l = 0.9\text{мм}$. Таким образом, $1'$ наклона опалубки дает погрешность положения ее верха приблизительно равную 1мм.

Точность монтажа колонн в монолитно-каркасном домостроении нормативно не задана. Единственным документом, определяющим точность вертикального положения колонн является ГОСТ 21779-82 «Технологические допуски», согласно которому для зданий высотой 10-15 этажей допуск на монтаж колонн в плане на последнем этаже составляет 20-30мм. Однако эти требования определены не исходя из условий жесткости конструкций, а на основе априорных расчетов.

Приняв максимально допустимое отклонение колонны в плане равное 30 мм и среднюю высоту здания 12 этажей, получим максимально допустимое отклонение осей колонн в плане на одном этаже равное $30/\sqrt{12}=8.7$ мм. Следовательно, положение колонн на каждом этаже должно быть определено с точностью порядка 9мм. Для достижения этой величины точность разбивочных работ должна составлять порядка 20% от точности положения колонн на монтажном горизонте, что составляет порядка 2мм.

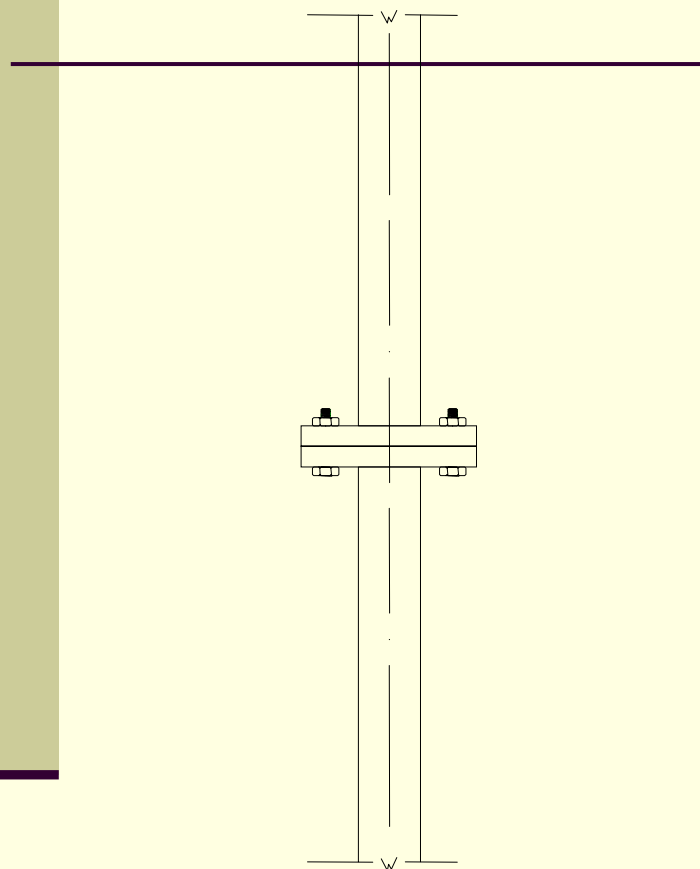
В настоящее время обеспечение планового положения колонн на монтажных горизонтах осуществляется за счет геодезической разбивки осей колонн. Разбивочные работы состоят из следующих операций: передача вертикального направления; разбивка основных осей; детальная разбивка осей каждой колонны, т.е:

$$m_{КОЛ} = \sqrt{m_{ВЕР}^2 + m_{ОСЕЙ}^2 + m_{КОЛ}^2} \quad (2)$$

где $m_{ВЕР}$ - погрешность передачи осей по вертикали; $m_{ОСЕЙ}$ - погрешность разбивки основных осей; $m_{КОЛ}$ - погрешность разбивки каждой колонны.

Числовые значения элементов правой части уравнения (2) составляют порядка 1.2 мм, что в реальных условиях действующего строительства достигнуть практически невозможно.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРИРОВАНИЯ ОПАЛУБКИ



*Рис. 6. Фланец
металлоконструкций*

В условиях действующего строительства точность положения колонн с учетом погрешности монтажа и геодезии составляет порядка 1 см на каждую составляющую выражения (2), следовательно суммарная погрешность положения колонн составляет величину порядка 2см, что не соответствует требованиям существующих нормативных документов. Один из вариантов решения рассматриваемой проблемы было найдено исходя из опыта монтажа металлических конструкций, рис. 6. В строительстве, использующем металлоконструкции, плановое положение металлических колонн обеспечивается фланцевым соединением смежных колонн и инструментальным выведением колонн в вертикальное положение.

Наличие фланцевого соединения исключает применение геодезии на монтажных горизонтах, исключение составляет обеспечение вертикальности колонн.

При строительстве зданий по монолитно-каркасной технологии плановое обеспечение положение колонн обеспечивается исключительно геодезическими методами, что сопровождается всеми погрешностями, приведенными в формуле (2), кроме геодезии значительным источником погрешностей является качество монтажа опалубки.

Опалубка в большинстве случаев представляет собой металлическую конструкцию, для монтажа которой действуют все принципы и правила монтажа металлических конструкций. Следовательно, для их качественного монтажа необходимо применить фланцевые соединения. Один из вариантов принудительного центрирования опалубки колонн роказан на рис. 7. На колонне предыдущего этажа закрепляется хомут с фланцем и с анкерными болтами. После заливки бетона перекрытия анкерные болты выходят наружу. .

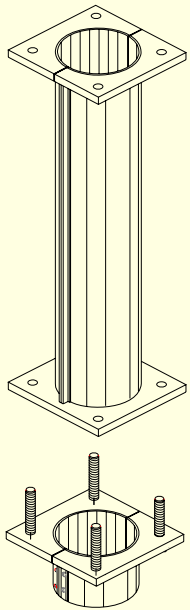


Рис. 7.
Фланцевое
соединение
для
обеспечения
соосности
колонн

На следующем этапе на эти болты насаживается опалубка колонн, рис. 8.

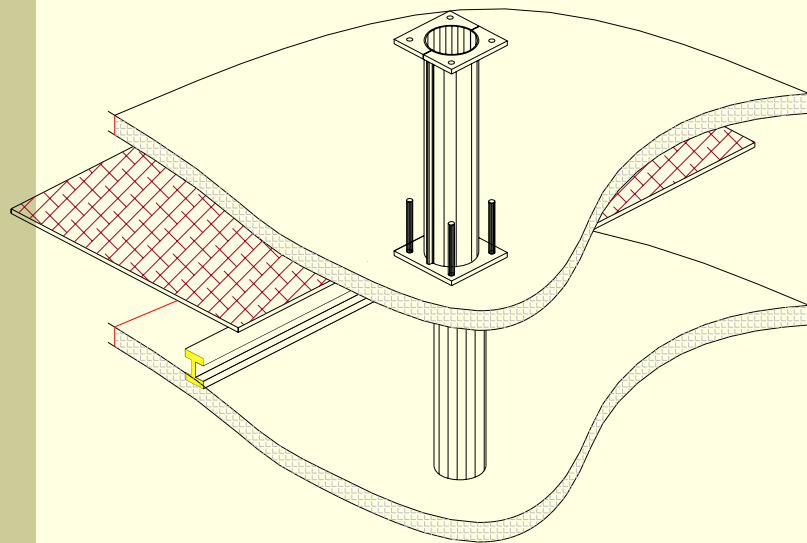
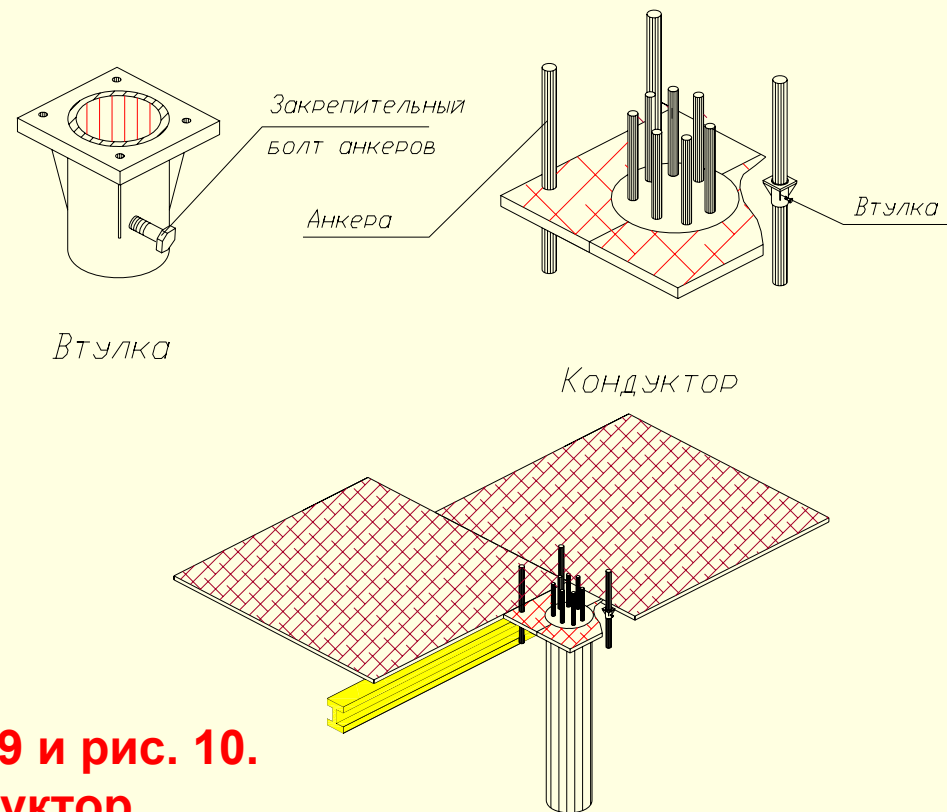


Рис. 8. Установка опалубки колонны следующего этажа

Данное предложение можно упростить рис. 9 и рис.10.



**Рис. 9 и рис. 10.
Кондуктор**

Таким образом, найдено простейшее решение, обеспечивающее надежное сопряжение колонн по вертикали. Но продолжим наши рассуждения. Мы рассмотрели решения обеспечивающие, соосную установку опалубки. Прежде чем перейти еще к одному решению рассматриваемой проблемы, рассмотрим какие параметры положения колонн влияют на жесткость окружающих конструкции.

Если колонны вертикальны, но не сосны, рис. 11а, то нагрузка от верхней колонны, равномерно распределяется по перекрытию в зоне колонны и передается нижней колонне. Так как плечи сил маленькие, критических напряжений в бетоне перекрытия не возникнет. Если же колонны имеют крен, рис. 11б, то в перекрытиях возникают зоны растяжения и сжатия и в нижней колонне возникают не вертикальные моменты сил, которые действуют на излом колонны. Таким образом, наиболее критичным моментом для сооружений является крен колонн. Не соосность колонн, даже если она достигает величины порядка 50% диаметра колонны критичных напряжений в конструкциях не вызовут. Рамки настоящей работы не позволяют математически подкрепить данные рассуждения.

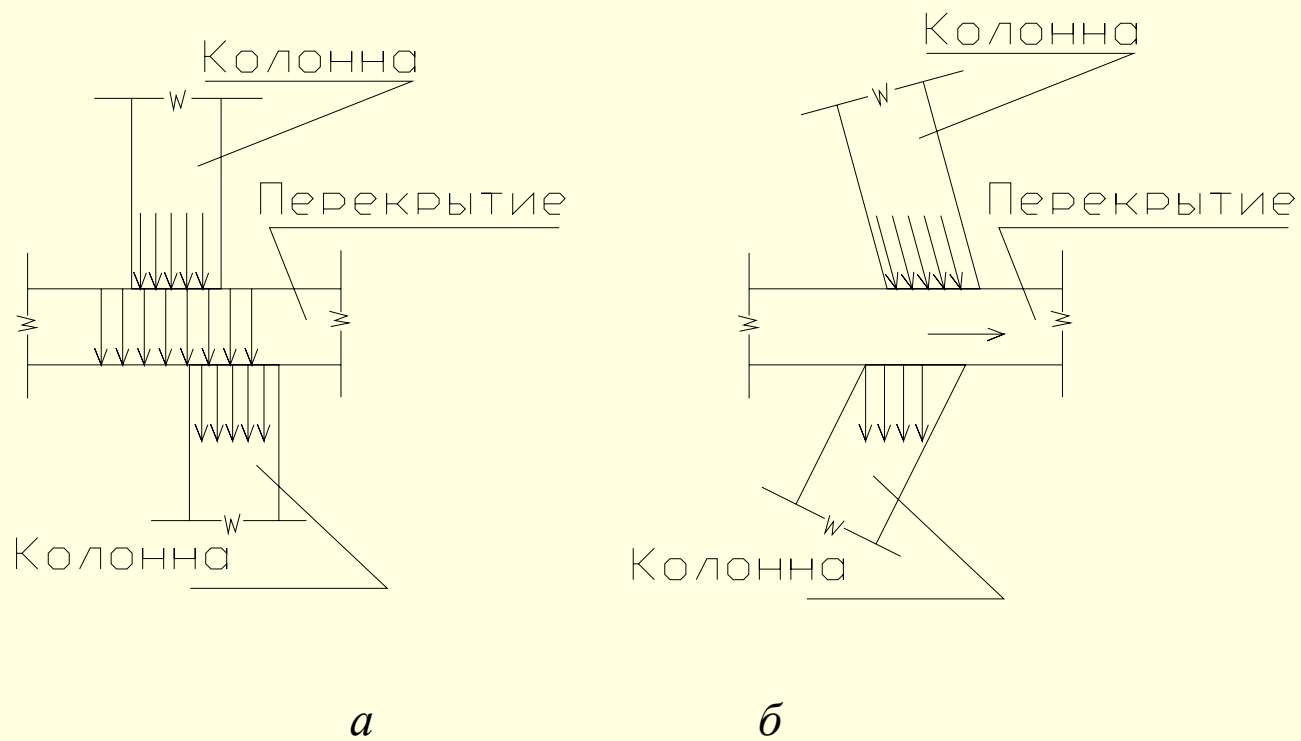


Рис. 11. Влияние положения колонн на окружающие конструкции

Как показали результаты исполнительных съемок, отклонения планового положения колонн от проекта составляют величины в пределах от 20 до 60 мм. Опалубка колонн по отношению к армокаркасу может быть установлена с предельной погрешностью 20-30мм. Расстояние от внешней грани стержней армокаркаса до внутренней поверхности опалубки, рис. 12.

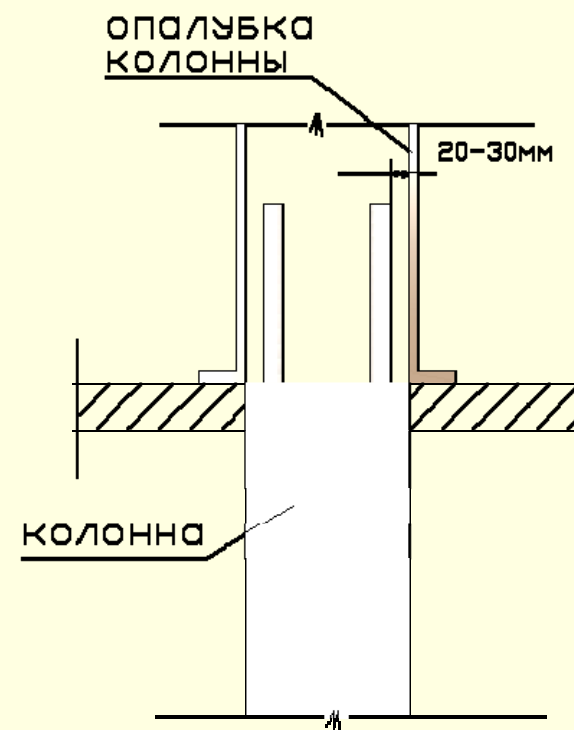


Рис. 12. Положение опалубки колонн относительно армокаркаса

Если опалубку разместить симметрично армокаркасу, то погрешность ее установки уменьшится до 10мм. Данную величину дает и геодезия при разбивке осей колонн относительно опорных знаков, расположенных на опорном монтажном горизонте. Но, как сказано выше, максимальные отклонения колонн составляют до 60мм, следовательно, большая часть плановых отклонений колонн образуется за счет крена колонн. Данные рассуждения привели к неожиданному результату. Если обеспечить вертикальность колонн с точностью до 5', то разбивку осей колонн можно **не выполнять**, за исключением колонн, которые расположены по периметру здания. Данный вывод особенно полезен для зданий, имеющих большую площадь и монтирующихся в несколько ярусов.

В заключение вопроса обеспечения соосности колонн рассмотрим еще одно предложение. В последнее время при строительстве зданий по монолитно-каркасной технологии применяются комбинированные перекрытия с использованием стандартных сборных плит, рис. 13.



Рис. 13. Комбинированные перекрытия

А что если мы попробуем использовать сборные колонны. Что это даст?

1) Сборные колонны будут иметь стандартную прочность. Что позволит производить непрерывный монтаж без задержек за счет времени достижения монолитных конструкций требуемой прочности.

2) Сократится объем (а не масса перевозок). При традиционной методике монтажа перевозятся отдельно армокаркасы и отдельно бетон. В данном случае перевозится колонна в целом.

3) Сборные колонны могут иметь фланец для принудительного монтажа. Один из вариантов сборной колонны приведен на рис. 14. в верхней части оставлена оголена арматура. Это сделано для сопряжения колонны с бетоном перекрытия.

Рассмотренное предложение полностью соответствует цели исследований, обеспечивая быстрый и точный монтаж и при минимальной стоимости работ.

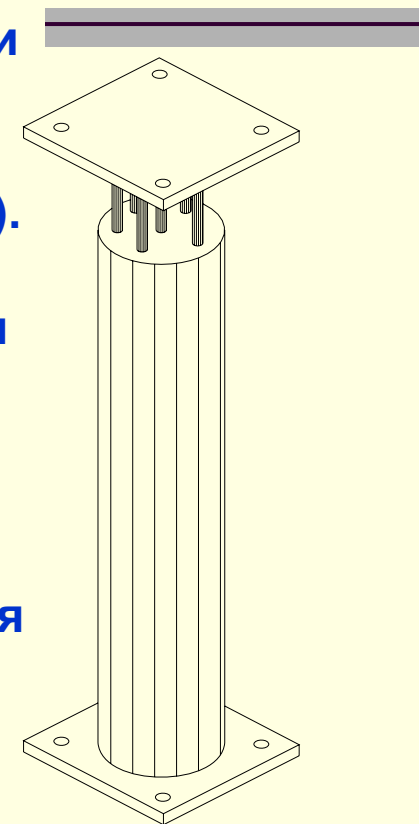


Рис. 14. Сборная колонна

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА

Качество строительства должно регулярно контролироваться. Одним из важнейших мероприятий по обеспечению качества строительства являются исполнительные съемки. Одним из важнейших элементов исполнительных съемок являются съемки для актов скрытых работ. В настоящее время на объектах гражданского строительства акты скрытых составляется полностью формально.

Наилучшим способом выполнить исполнительные съемки является применение фотоспособа. Образцы фотографий для исполнительных съемок приведены на рис. 15, 16

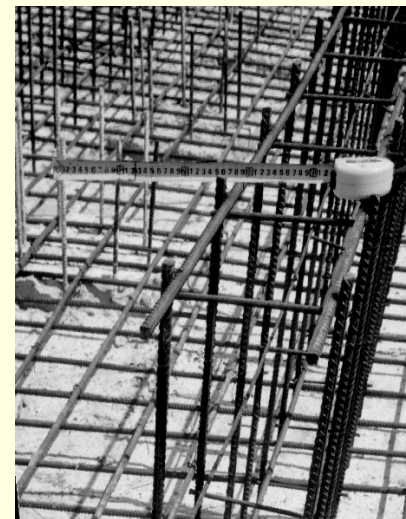


Рис. 15, 16. Исполнительные фотографии

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1) Отечественные приборы вертикального проектирования по точности полностью обеспечат передачу осей на монтажные горизонты зданий высотой до 60м. При этом за счет применения компенсатора в центрирующем устройстве производительность работы с данным прибором выше, чем работая прибором PZL1. Стоимость ПВП1 в 4-5 раз меньше, чем стоимость PZL1.
- 2) Применение различных способов принудительного центрирования колонн обеспечит повышения точности установки колонн при минимальных затратах времени на геодезическую разбивку.
Перспективным направлением модернизации строительства является применение сборных колонн с фланцевыми соединениями. Данное предложение обеспечит высокую точность и скорость строительства.
- 3) Существующие методики составления актов скрытых работ являются формальными, они не обеспечивают объект необходимой информацией. Применение фотоспособов для исполнительных съемок позволяют достоверно документировать объекты съемок, причем фотографии могут иметь метрическую привязку.