

Ю.А. Вильман

**ТЕХНОЛОГИЯ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
ПРОЦЕССОВ
И ВОЗВЕДЕНИЯ
ЗДАНИЙ**

**СОВРЕМЕННЫЕ
ПРОГРЕССИВНЫЕ
МЕТОДЫ**



Ю.А. Вильман

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ

СОВРЕМЕННЫЕ И ПРОГРЕССИВНЫЕ МЕТОДЫ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ
по образованию в области строительства в качестве
учебного пособия для студентов строительных вузов*

Издание четвертое, дополненное и переработанное



Издательство АСВ
Москва
2014

Рецензенты: лауреат Государственной премии СССР, заслуженный строитель России, заведующий кафедрой ИНТ ГАСИС, доктор технических наук, профессор *М.Ю. Абелев*; доктор экономических наук, профессор МГСУ *С.Б. Сборщиков*.

Вильман Ю.А.

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ. СОВРЕМЕННЫЕ И ПРОГРЕССИВНЫЕ МЕТОДЫ: Учебное пособие, 4-е изд., дополненное и переработанное. – М.: Издательство АСВ, 2014. – 336 с.

ISBN 978-5-93093-392-8

В книге 4-го издания проведена переработка предыдущих материалов и выполнены дополнения, касающиеся современных и перспективных технологий, и возможного применения средств роботизации при возведении и облицовки 25-этажных монолитных железобетонных жилых, а также высотных зданий. Уделено внимание технологиям разработки грунта, погружным и набивным сваям, утеплению и вентилированию крыш, фасадов и защитным покрытиям домов, средствам большой и малой механизации строительно-монтажных работ. Наряду с прогрессивными геодезическими приборами в книге приведены основные положения теории совершенствования строительных процессов на основе кранов-манипуляторов, обеспечивающих существенное повышение производительности и сокращения ручного труда в строительстве.

ISBN 978-5-93093-392-8

© Издательство АСВ, 2014

© Вильман Ю.А., 2014

Юрий Августович Вильман

**ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И ВОЗВЕДЕНИЯ ЗДАНИЙ
СОВРЕМЕННЫЕ И ПРОГРЕССИВНЫЕ МЕТОДЫ**

Компьютерная верстка: *С. Устинов, Е.М. Лютова*. Редактор *О.А. Таранова*.
Дизайн обложки: *Н.С. Романова*. Обработка иллюстраций: *М. Родионова*.

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Формат 60х90/16.
Бумага офс. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. 21 п.л. Заказ №

ООО «Издательство АСВ»
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, интернет-магазин: <http://www.iasv.ru/>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
ГЛАВА 1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	8
1.1. Общие положения	8
1.2. Тахеометры в строительстве	8
1.3. Нивелиры в строительстве.....	12
1.4. Технология лазерного сканирования	16
1.5. Ротационные лазерные нивелиры	18
1.6. Трехлучевой лазерный нивелир РМ 10	20
1.7. Дистанционный лазерный измеритель PD 22	23
1.8. Устройство для обнаружения арматуры	24
1.9. Ручной детектор PS 20	25
1.10. Дистанционный лазерный измеритель с подключением к компьютеру PD 28	26
ГЛАВА 2. ПРОКЛАДКА И РЕКОНСТРУКЦИЯ КОММУНИКАЦИЙ.....	28
2.1. Бестраншейные методы прокладки.....	28
2.2. Граншейная технология	31
2.3. Технология защиты труб.....	32
2.4. Технология устройства «стена в грунте» способами, разработанными в Японии.....	34
2.5. Защита стен котлована от обрушения буровинтовыми трубами, заполняемыми бетонной смесью	42
ГЛАВА 3. ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ.....	45
3.1. Телескопические погрузчики для малоэтажного строительства	45
3.2. Подъемные рабочие платформы и самоходные электрические подъемники.....	49
ГЛАВА 4. СВАИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИХ УСТРОЙСТВА..	59
4.1. Технология погружения свай гидравлическими молотами	59
4.2. Бетонирование буронабивных свай через полость вибратора автобетоносмесителя.....	61
4.3. Практика свайных работ	69
ГЛАВА 5. ВОЗВЕДЕНИЕ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА	82
5.1. Общие положения.....	82
5.2. Стратегические возможности бетона и железобетона	83
5.3. Механизация вязки арматуры.....	86

5.4. Опалубка.....	89
5.4.1. Классификация и схемы отечественной опалубки	89
5.4.2. Технология опалубочных работ	102
5.5. Строительство с использованием неснимаемой опалубки из пенополистирола	106
5.6. Автобетоносмесители.....	113
5.7. Мобильные бетононасосы	121
5.8. Стационарные бетононасосы.....	128
5.9. Зимнее бетонирование	136
ГЛАВА 6. ВОЗВЕДЕНИЕ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КРАНОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ	143
6.1. Общие положения.....	143
6.2. Назначение и технические требования к кранам- манипуляторам	144
6.3. Технические решения кранов-манипуляторов	147
6.4. Особенности технологий возведения зданий с применением кранов-манипуляторов	155
6.5. Основные положения предлагаемой теории совершенствования технологий работ в строительстве.....	161
ГЛАВА 7. ВОЗВЕДЕНИЕ И ОБЛИЦОВКА 25-ЭТАЖНОГО МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЖИЛОГО ДОМА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ РОБОТИЗАЦИИ	164
ГЛАВА 8. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЫХ ДОМОВ	177
8.1. Общие положения.....	177
8.2. Металл в жилищном строительстве	178
ГЛАВА 9. СТРОИТЕЛЬСТВО ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ.....	182
9.1. Тенденции в деревянном домостроении.....	182
9.2. Клеевые деревянные конструкции.....	189
ГЛАВА 10. УТЕПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛИРОВАНИЕ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ.....	191
10.1. Общие положения.....	191
10.2. Реализация проблемы.....	191
10.3. Технология возведения наружных стен.....	193
10.4. Многослойные системы вентилирования стен «КРАСПАН»	197
ГЛАВА 11. УТЕПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛИРОВАНИЕ КРЫШИ.....	200
11.1. Тенденции в решении проблемы.....	200
11.2. Примеры решения задачи вентиляции кровли.....	201

ГЛАВА 12. ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДОМОВ	204
12.1. Мягкие кровельные покрытия	204
12.2. Покрытие натуральной черепицей	207
12.3. Устройство инверсионной кровли	210
ГЛАВА 13. РАЗРУШЕНИЕ И РАЗБОРКА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	223
ГЛАВА 14. УСТРОЙСТВО ОТДЕЛОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ.....	233
14.1. Малярными составами	233
ГЛАВА 15. УСТРОЙСТВО ПОЛОВ	240
15.1. Общие положения.....	240
15.2. Теплый пол с интеллектом и электрической системой отопления	240
15.3. Технология устройства бетонных полов	244
15.4. Оборудование для нарезки швов	249
ГЛАВА 16. УСТРОЙСТВО ДОРОЖЕК И ТРОТУАРОВ	251
16.1. Механизация уплотнения основания	251
16.2. Устройство основания дорожек	255
16.3. Механизация укладки плитки тротуаров.....	262
16.4. Вакуумные и гидроавтозахваты для блоков и плиток.....	265
16.5. Ручные инструменты для плиток	270
16.6. Инструменты для укладки бордюрного камня	273
ГЛАВА 17. ОСНОВНЫЕ МАШИНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	274
17.1. Автомобильные краны	274
17.2. Башенные краны	277
17.3. Скреперы	281
17.4. Бульдозеры	288
17.5. Одноковшовые экскаваторы	291
17.5.1. Сравнение гусеничных и колесных машин.....	291
17.6. Катки для уплотнения грунтов	295
17.7. Фронтальные погрузчики.....	298
17.8. Мини-техника	305
ГЛАВА 18. РУЧНЫЕ МАШИНЫ И ИНСТРУМЕНТЫ	307
ГЛАВА 19. МИРОВЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ...	315
19.1. Технология и техника тоннелестроения	315
ГЛАВА. 20. ТЕХНОЛОГИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ	321
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	336

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплины «Технология строительных процессов» и «Технология возведения зданий» призваны формировать профессиональные знания и умения инженера-строителя по специальности 2903, инженера по механизации и автоматизации строительно-монтажных работ по специальности 2913, и специалистов автоматизированной обработки информации и управления 2202.

Учебное пособие состоит из 20 главы, содержание которых раскрывает технологические особенности строительных процессов и методов возведения зданий и сооружений различных видов работ в соответствии с примерными программами дисциплин ТСП и ТВЗ.

Данное учебное пособие написано в форме научного анализа и обобщения производственного опыта и отличается большим количеством иллюстраций технических средств, занятых на СМР, что обеспечивает более полную информацию об изучаемой технологии строительных процессов и возведения зданий, в которой ведущую роль выполняют строительные машины, механизмы и ручные машины.

Содержание учебного пособия апробировано автором при проведении лекционных занятий на факультетах промышленного и гражданского строительства; механизации и автоматизации строительства; экономики, организации и управления строительства в Московском государственном строительном университете (МГСУ-МИСИ).

Целью данной работы является дополнение разделов применяемых учебников информацией по современным прогрессивным методам строительства, отсутствие которых создает трудности изучения студентами дисциплин: «Технология строительных процессов» и «Технология возведения зданий».

При написании учебного пособия использованы материалы российской прессы опыт работы зарубежных фирм в Москве (компания Хилти, Bobcat, Optimas, JUNTAN, Liebherr, Stetter и др.); разработчиков разрядно-импульсной технологии, многослойной системы вентилирования стен и инверсионной кровли и др., а также отдельных авторов (Межва З. и др.), которым автор выражает признательность. Отдельная благодарность рецензентам книги: заведующему кафедрой ТСП МГСУ-МИСИ, профессору, доктору технических наук, чл.-корр. РАН – А.А. Афанасьеву; лауреату Гос. премии СССР, заслуженному строителю России, заведующему кафедрой ИНТ ГАСИС, доктору технических наук, профессору – М.Ю. Абелеву за ценные замечания.

Рекомендуется преподавателям, аспирантам и студентам старших курсов строительных вузов, а также инженерно-техническим работникам строительных и проектных организаций.

ВВЕДЕНИЕ

С начала XXI столетия Россия вступила в Новый этап ускоренного совершенствования разработки и применения прогрессивных методов возведения зданий и сооружений как фундамента дальнейшего развития всех отраслей национальной экономики Федерации.

Это обеспечивает сокращение ручного труда, повышение качества строительства, переход к малолюдным и в перспективе к безлюдным технологиям строительно-монтажных работ.

Достижение высоких технико-экономических показателей невозможно без глубоких преобразований в содержании труда рабочих, основную роль в котором возлагают на техническую реконструкцию, механизацию, автоматизацию, компьютеризацию и роботизацию.

Однако применяемые средства механизации не полностью выполняют рабочие процессы на земляных, монтажных, отделочных работах, устройстве заглубленных в грунт сооружений, бетонных, железобетонных и каменных работах и устройстве защитных покрытий. Не обеспечивают они также такие процессы, как штукатурные, облицовочные, малярные и обойные при устройстве покрытий полов и др.

Между тем на российский рынок хлынул поток зарубежных машин, оборудования, оснастки и механизированного инструмента, зачастую необоснованно вытесняя из строительного производства отечественные технические средства, опалубочные системы, механизированный и электрифицированный инструменты. Отдельные из них отличаются новизной и прогрессивностью.

Донести такие сведения до нового поколения студентов, обучающихся в строительных вузах, и познакомить будущих инженеров с некоторыми современными прогрессивными технологиями и техническими средствами в строительстве автор посчитал своей прямой обязанностью и долгом.

Учебное пособие содержит новые методы строительства с применением прогрессивных конструкций машин, механизмов, оборудования и инструментов.

Глава 1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

1.1. Общие положения

Требования к качеству строительной продукции быстро растут. Возрастает и необходимость постоянного повышения общего технического уровня строительных работ, надежности, долговечности, технологичности строительного производства.

Инженерно-геодезические измерения и инженерно-геодезические построения начинаются задолго до начала строительства, при проведении инженерно-геодезических изысканий, выноса проектов сооружений в натуру, являются составной частью технологии строительного-монтажных работ.

Современный геодезический прибор сегодня – это продукт высоких технологий, объединяющий в себе последние достижения электроники, точной механики, оптики, материаловедения и использования спутниковой навигации.

Некоторые виды современной геодезической техники используются сегодня на строительных площадках.

Развитие геодезической техники для строительства наряду с общими тенденциями имеет свои особенности. Одна из них – связана с появлением лазерной техники. С появлением полупроводниковых лазеров и прогрессом лазерной техники появилась возможность создания малогабаритных и относительно недорогих приборов, позволяющих с помощью видимого лазерного луча обозначить плоскость горизонта или плоскость с заданным углом наклона на расстоянии до 100 м.

1.2. Тахеометры в строительстве

Широкое распространение при выполнении геодезических работ в строительстве получают электронные тахеометры. Конструктивно они сочетают кодовый теодолит с электронным дальномером и мини-ЭВМ, объединенные в одном корпусе (*рис. 1.1*). Они надежно решают стоящие перед ними задачи.

Электронный тахеометр обеспечивает цифровую индикацию измеряемых величин: горизонтальных и вертикальных углов, наклонных расстояний, превышений наклонных расстояний, горизонтальных расстояний, превышений отметок высот, приращений координат и др. информации; вывод результатов на дисплей и автоматическую обработку результатов измерений по заложенным в мини-ЭВМ программам. Увеличение числа программ расширяет диапазон работы прибора и область его применения, повышает точность и безошибочность работы. Наличие регистрирующих устройств в тахеометрах позволяет связать и расширить технологическую цепочку тахеометр – ПЭВМ – плоттер, на выходе из которой получается готовый топоплан.

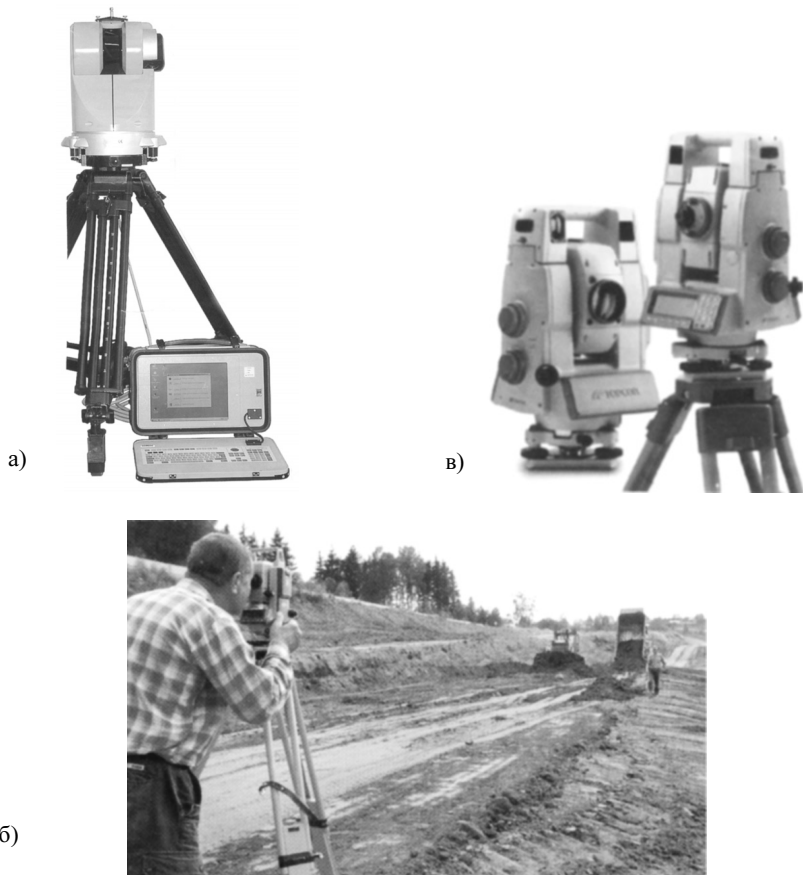


Рис. 1.1. Геодезические приборы в строительстве:

а) лазерный сканер Callidus 3D; б) рабочий процесс на строительной площадке;
 в) электронный тахеометр TOPCON GPT-8200

Все современные приборы данного класса характеризуются: наличием компенсаторов наклона вертикальной и горизонтальной осей вращения прибора, что позволяет автоматически вводить необходимые поправки в результаты угловых измерений, наличием клавиатуры и дисплея с возможностью графики для управления процессом измерений, наличие встроенной памяти для сохранения информации, интерфейсного разъема для подключения к ПЭВМ, комплекса встроенных программ для обработки результатов измерений непосредственно в процессе работы. Отдельные модификации обеспечивают различную точность измерений, различные дополнительные сервисные возможности для решения конкретных задач пользователей. Так, в тахеометрах серии RecEltra результаты измерений сохраняются в PCMCIA-картах, что позволяет переносить их в компьютер для последующей обра-

ботки простым переносом карты, устанавливается мощный встроенный процессор, работающий в операционной системе DOS, дающий возможность обрабатывать программы пользователю, а в серии RecEltra RLS обеспечена возможность измерения расстояния до 200 м без отражателя, что делает его незаменимым при визировании на недоступные точки фасадов зданий, мостов, плотин или при измерениях внутри помещений.

Применение электронных тахеометров радикально изменяет сам технологический процесс геодезических работ, существенно повышает производительность труда и культуру производства. Все основные виды работ при геодезическом обеспечении процесса строительства, а именно: создание геодезической основы, производство разбивочных работ при выносе проекта в натуру, исполнительные съемки и геодезический контроль точности выполнения строительно-монтажных работ теперь можно выполнить одним прибором, что лишний раз доказывает универсальность данного типа оборудования.

Малогабаритные полупроводниковые лазеры дали жизнь новому в строительстве классу приборов – лазерным нивелирам, уровням и электронным рулеткам.

Лазерные нивелиры представляют собой устройство, обозначающее направление визирной оси, установленной в горизонте с требуемой точностью, лучом лазера в видимом или невидимом спектре. В некоторых моделях испускается из модуля, вращающегося на вертикальной (горизонтальной) оси, что позволяет создать над поверхностью земли плоскость нивелирования, которая фиксируется специальным детектором для улавливания луча или визуально на расстоянии до 100 м, а в некоторых моделях и более (необходимо только учитывать рост погрешности при увеличении расстояния) от прибора. Широкое применение лазерные нивелиры находят при отделочных работах внутри помещений, укладке трубопроводов, нивелировке участков под строительство и т.п. В настоящее время данные приборы выпускаются многими зарубежными фирмами, среди которых наиболее известны Sokkia, Topcon, Amman Laser Technik и др.

В массовом строительстве измерения расстояний с помощью электронных приборов долго не находили широкого применения из-за невозможности измерений без специальных оптических отражателей и громоздкости аппаратуры. Появление безотражательных ультразвуковых ручных дальнометров несколько облегчило процесс данных измерений, однако с разработкой электронных лазерных рулеток DISTO фирмы Leica в строительстве появилось простое в обращении, удобное, надежное и действительно точное средство для линейных измерений.

Точка наведения четко фиксируется красной меткой, генерируемой лазером. Простым нажатием кнопки рулетка DISTO позволяет выполнять измерения до самых малых объектов. В диапазоне расстояний от 20 до 30 см не требуется отражателей или целиков. На цифровом табло видны результа-

ты надежных измерений с точностью до миллиметров. Легко и в считанные секунды можно определить форму объекта и вычислить его площадь или объем. В отличие от ультразвуковых, принцип лазерных измерений позволяет с помощью DISTO измерять расстояния на таких объектах, как трубы, наклонные балки, колонны и др. Без особых трудностей можно измерить высоту объекта, обходить препятствия, контролировать монтаж строительных конструкций. Площади и объемы легко вычисляются встроенным процессором для определения стоимости работ и количества материалов. Хорошо продуманная с точки зрения эргономики конструкция лазерной рулетки позволяет работать одной рукой. Питание от встроенных никель-кадмиевых аккумуляторов, подзаряжаемых как от сети, так и от автомобильной батареи, позволяет выполнять до 400 измерений без подзарядки. Точность измерения расстояний – 3 мм на 100 м.

Другим важным направлением использования лазерных технологий в строительстве явилось создание лазерных ватерпасов. Лазерный луч в сочетании с брусковыми уровнями позволил удлинить базу прибора и повысить точность этого класса уровней. Лазерный блок выпускается в большой гамме модификаций: как съемный или встроенный в модуль ватерпаса. Съемный лазер позволяет использовать любой ватерпас как лазерный. Он снабжен собственным уровнем, что позволяет использовать его автономно. Параллельность излучения по отношению к опорной поверхности брускового уровня – 0,2 мм/м. Дальность действия – до 100 м. Лазерный модуль, встроенный в блок ватерпаса, оборудован электронным угломером. Прибор осуществляет электронное дискретное измерение углов. Показатели наклона фиксируются на дисплее. Лазерный модуль заварен в полый профиль. Продолжительность излучения – до 8 часов. Возможна установка на штатив. Использование специальных насадок и пентапризм позволяет преобразовывать луч в плоскость и изменять направление луча. Лазерные ватерпасы безопасны в работе и широко используются в отделочных и разметочных работах вместо уровня, отвеса, шнура.

Настоящей революцией в выполнении инженерно-геодезических работ стало использование спутниковых систем местоопределения GPS-NAVSTAR (США) и Глонасс (Россия). GPS – аббревиатура, ставшая уже именем нарицательным, в переводе означающая глобальную систему определения местоположения (позиционирования), является навигационной системой, позволяющей с высокой точностью определять пространственное положение точек земной поверхности. Одним из важных аспектов GPS по сравнению с обычными методами съемки является получение трех координат точки – X, Y, H. Трехмерное положение точек получают путем измерения расстояний до группы искусственных спутников Земли с помощью специальных геодезических GPS-приемников и последующей обработкой результатов данных измерений на ЭВМ (встроенной или стационарной, в зависимости от класса приемника).

С 1 августа 2004 ЗАО «ПРИН» начало поставлять на Российский рынок новую серию безотражательных роботизированных электронных тахеометров TOPCON GPT-8200, с помощью которых можно проводить измерения сверхдлинных расстояний (до 1200 м) без призм! Серия включает четыре модели с точностью измерения углов: GPT-8201 (1»), GPT-8202 (2»), GPT-8203 (3»), GPT-8205 (5»). Новые инструменты оснащены встроенной операционной системой MS-DOS и мощным программным обеспечением для решения любых инженерно-геодезических задач. Дистанционное управление инструментом не требует радиосвязи и выполняется всего одним оператором по двустороннему оптическому каналу с помощью контроллера RC-II. В тахеометрах GPT-8200 применяется новейшая технология интеллектуального слежения за перемещением отражателя, значительно повышающая продуктивность полевых работ. Беспрецедентные возможности новой серии позволяют использовать тахеометры GPT-8200 для любых видов высокоточных работ: от создания опорного обоснования до автоматического слежения за деформациями сооружений.

Особенности тахеометров TOPCON GPT-8200 (рис. 1.1, в):

- точность измерения расстояний без отражателя $\pm (10 \text{ мм} + 10 \text{ ppm})$;
- измерение расстояний по призме до 7000 м с точностью $\pm (2 \text{ мм} + 2 \text{ ppm})$;
- новейшая технология слежения с упреждением без использования призмённых отражателей;
- защита от воды и пыли IP54;
- двухосевой компенсатор;
- максимальная скорость вращения инструмента 50 град./сек;
- максимальная скорость слежения за отражателем 12 град./сек.

1.3. Нивелиры в строительстве

Нивелир – один из самых древних измерительных инструментов – и по сей день активно используется в инженерно-геодезических и строительных работах. Незначительно изменившись по принципу работы, он, тем не менее, претерпел значительные технологические изменения.

Современный нивелир – компактный, легкий и надежный инструмент, способный работать при любых внешних условиях. Основная задача любого нивелира – задание горизонтальной линии – обеспечивается либо регулировкой элевационных винтов, либо автоматическими устройствами (компенсаторами), обеспечивающими более высокую точность и надежность измерений. Компенсатор, как правило, представляет собой маятник, подвешенный на тонких нитях – торсионах – и является самым дорогостоящим узлом нивелира. Для гашения колебаний компенсатора он оснащается демпфером. В настоящее время распространены демпферы двух видов: магнитные и воздушные. Таким образом, достаточно с помощью подъемных винтов и круглого уровня привести в вертикальное положение корпус инструмента – и нивелир готов к работе.

Технология измерения заключается в следующем. Для измерения применяются специальные нивелирные рейки с цифровой шкалой в виде шапечных делений с нулем на одной из пятюк рейки. На практике применяются раскладные и телескопические рейки длиной 3...5 м. Рейки устанавливаются на точке вертикально. Затем наводят нивелир на рейку и, глядя в зрительную трубу нивелира, фиксируется отсчет по шкале рейки в том месте, где горизонтальная визирная ось пересекает изображение рейки. Аналогичную операцию выполняют по другой точке и, получив данные, вычисляют разницу измерений. Таким образом определяют превышение между точками. Данный способ измерения называют геометрическим нивелированием.

Корпус нивелира надежно защищен от влаги, а в некоторых моделях зрительные трубы заполнены азотом, что защищает от образования конденсата при резких перепадах температур. Усовершенствованная конструкция нивелиров обеспечивает их легкую регулировку и не требует специальных навыков работы от исполнителя. Большинство современных нивелиров с компенсаторами имеет глухие зрительные трубы с прямым изображением и большим увеличением, удобные винты наведения на цель.

Несмотря на перечисленные выше возможности, для некоторых видов высокоточных работ, например, слежения за деформациями или просадками сооружений, эффективнее использовать так называемые цифровые нивелиры (TOPCON DL-101C, Trimble DiNi 12). Собственно цифровыми они стали называться потому, что результаты измерений представляются на ЖК экране в цифровом виде, а управление рабочими режимами и ввод информации осуществляются с помощью встроенной клавиатуры. Такие инструменты обеспечивают самую высокую точность измерений (до +0,3 мм на 1 км двойного хода) и лишены ряда недостатков обычных оптических нивелиров, например, личных ошибок исполнителя и ошибок, вызванных качанием рейки. Помимо определения собственно отсчета по рейке, цифровой нивелир определяет и расстояние до нее с достаточно высокой точностью (1-5 см). Измерения по специальным штрих-кодовым рейкам производятся автоматически в течение нескольких секунд. При этом полученный результат фиксируется не в обычном полевом журнале, а во встроенной электронной памяти инструмента. Внутренняя память способна хранить данные измерений до 8000 точек (TOPCON DL-101/102C). Если же и этого недостаточно, то некоторые цифровые нивелиры (Trimble DiNi 12, TOPCON DL-100C) оснащаются специальными разъемами для подключения компактных карт памяти, благодаря которым объем сохраняемых данных может быть увеличен в несколько раз. В процессе измерений осуществляется постоянный контроль работоспособности прибора и качества получаемых результатов. При получении неправильного результата на экран цифрового нивелира выводится сообщение о типе ошибки, а также рекомендации по ее устранению. В офисе результаты измерений могут быть легко переданы на персональный компьютер и обработаны. Таким образом, цифровой нивелир

обеспечивает полностью безбумажную технологию проведения нивелирных работ. На российском строительстве нивелиры представлены такими мировыми производителями как УОМЗ (Россия), TOPCON (Япония), Sokkia (Япония), Leica (Швейцария), Nikon (Япония), Trimble (США) (рис. 1.3).

Для автоматизации нивелирных работ фирмой Carl Zeiss Jena GmbH был создан ряд цифровых нивелиров, представляющих новое поколение приборов для определения высот, – DiNi 10; 20; 10T; 11T (рис. 1.2).

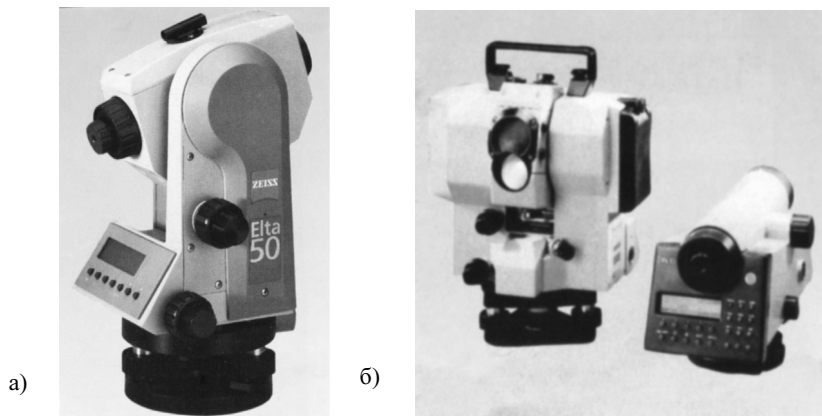


Рис. 1.2. Автоматизация нивелирных работ:
а) Elta 50 фирмы Zeiss; б) Dini (10, 20, 10T, 11T)



Рис. 1.3. Нивелиры в строительстве:
а) цифровой нивелир DL-102 японской компании «TOPCON»; б) экран цифрового нивелира; в) нивелир с компенсатором AT-22A компании «TOPCON»

Благодаря наличию электронного датчика в таком нивелире точно регистрируется отсчет по рейке с штриховым кодом, который затем обрабатывается ЭВМ и запоминается во внутреннем запоминающем устройстве. Компенсатор с оптимальным диапазоном демпфирования автоматически проводит визирную ось в горизонтальное положение. Автоматическое снятие отсчетов по рейке и регистрация их, встроенные программы для обработки результатов измерений и оценки точности исключают возможность ошибок. Всевозможные сервисные функции, продуманное программное обеспечение, предусматривающее подсказки пользователю с указаниями и рекомендациями в ходе работы, встроенная система контроля правильности и допустимости проводимых измерений – всё это сводит к минимуму затраты времени и сил при нивелировке, одновременно значительно повышает точность и надежность измерений. Проверено на практике, что с помощью цифрового нивелира можно быстрее выполнить работу на 50% и более, чем обычным нивелиром.

Итак, измерение – один из наиболее общих строительных процессов.

Традиционные методики опираются на отнимающий много времени процесс поиска множества характерных точек, их измерений вручную и последующего соединения линиями. Но такая информация не полностью отражает геометрическую действительность. При изучении сооружений все более важной становится возможность измерения поверхностей и объектов в их пространственном взаиморасположении.

Трехмерные модели сооружений необходимы для определения пространственных взаимосвязей объектов и материалов, включая их связь с близлежащими объектами. Такие измерения формируют основу информационной системы сооружения (BIS), которая служит для интерактивного обследования, оценки рисков и мониторинга разрушений, для восстановления и обеспечения сохранности сооружения. Законченность и ценность пространственных данных дают возможность инженеру более эффективно вести проектирование и существенно сократить стоимость расчетов в ходе строительства. Точная CAD-модель дает возможность подрядчику без ошибки заказать количество требуемого материала, предотвращая дорогие повторные заказы.

1.4. Технология лазерного сканирования

Современная технология лазерного сканирования существенно повысила доступность пространственных моделей, позволяя выполнять подробнейшие съемки сложных сооружений значительно быстрее, чем традиционными методами. Лазерные сканеры стали естественными приемниками роботизированных тахеометров. Ядро системы – сенсор, излучающий внутри некоторого пространства тысячи лазерных импульсов в секунду. Лазер сканирует помещение по вертикали и при этом вращается в горизонтальной плоскости, описывая полный круг. Дальномер определяет время распрост-

ранения лазерного импульса до поверхности и вычисляет расстояние с миллиметровой точностью, а угловые датчики с высоким разрешением фиксируют значения азимута и угла наклона. В результате в реальном времени вычисляются полярные координаты каждой точки и записываются в полевой компьютер. При обработке измерений они преобразуются в пространственные прямоугольные координаты, по которым строится точная цифровая модель поверхности.

Первый в мире полностью панорамный сканер создан немецкой компанией «Callidus Precision Systems GmbH» (*рис. 1.1, а*). Callidus стал пионером методики лазерного 3D-сканирования для съемки, выдвинув идею лазерной сканирующей системы.

Callidus 3D Laser Scanner – трехмерная лазерная сканирующая система с сервоприводом и с совмещенной цифровой камерой. Камера записывает панорамные изображения или крупные планы объекта. Лазерный сканер автоматически вращается и накапливает координаты окружающих объектов с исключительной скоростью и подробностью – свыше миллиона точек в течение 10 минут. Постоянная точность измерений сканера обеспечивается постоянным внутренним контролем отказов и постоянной тепловой калибровкой. 3D-измерения записываются во входящий в систему защищенный полевой компьютер Callidus LMS с собственным набором программ для вычислений структурных линий и углов помещений с миллиметровой точностью.

В отличие от узконаправленных лазерных сканеров, Callidus 3D Laser Scanner охватывает все поле зрения целиком – 360 градусов по горизонтали и от +90 до –60 градусов по вертикали. Это увеличивает производительность работ и в поле, и в офисе, поскольку уменьшает число установок, а также сокращает время, необходимое для сканирования и для объединения данных при постобработке. Хотя единственный проход лазерного сканера обычно достаточен для большинства помещений, оператор может легко перенести Callidus для выполнения нескольких сканов помещения со сложной топографией или с мертвыми зонами от столбов и других преград.

Математический анализ измерений выполняется специализированным программным обеспечением 3D-Extractor. Эта программа служит для 3-мерного представления измерений и дает возможность рассматривать и обрабатывать данные под различными углами. Программа автоматически распознает плоскости и базовые геометрические элементы и на их основе вырабатывает пространственную модель. Как только модель создана, оператор может выделить структурные и архитектурные контуры, профили и разрезы, визуализировать структурные линии, вычислить объемы и определить неперпендикулярность стен. Для дальнейшей обработки данных 3D-Extractor имеет возможность экспорта пространственных моделей в САД-системы (100-процентная совместимость с AutoCAD и Microstation). Кроме того, программа 3D-Extractor совместима с программным обеспечением Trimble Terramodel®, которое обеспечивает пользователя законченным решением для съемки.

Таблица 1.1

Технические характеристики системы Callidus 3D Laser Scanner (рис. 1.1, а)

Система	Callidus 1.1
Источник излучения	906 нм, ИК импульсный лазерный диод
Регистрация	Цифровая ПЗС-камера, с переменным фокусом, 540 JPEG изображений
Диапазон измерений	от 0 до 32 м (стандарт) от 0 до 80 м
Точность	5 мм (стандарт), см (свыше 32 м)
Охват по горизонтали	360 градусов, полностью панорамный
Охват по вертикали	от +90 до -60 градусов; с вращающимся зеркалом 180 градусов
Количество измерений	1.1 млн. точек (10 мин. измерений)
Разрешающая способность	1 ⁰ , 0.5 ⁰ , 0.25 ⁰ , 0.125 ⁰ и 0.0625 ⁰ – в горизонтальной плоскости, 1 ⁰ , 0.5 ⁰ и 0.25 ⁰ – в вертикальной плоскости
Горизонтирование	встроенный двухосевой компенсатор, с рабочим диапазоном $\pm 10^0$
Масса сенсора / всего комплекта	13 кг / 28 кг
Программное обеспечение	3D Extractor
Категория лазера	Класс I, 100% безопасность для глаз
Исполнение	Пыле- и брызгозащитный по IP52, EMV и CE сертификат, DIN EN ISO 9001

Возможности применения системы Callidus в строительстве простираются от составления документации до работ по восстановлению и непрерывно расширяются. Лазерные измерения представляют точное, неидеализированное изображение объекта, показывая смещения кладки и другие структурные повреждения наряду с другими незадокументированными изменениями. Они обеспечивают не только экономию времени, но также точную информацию для планирования и выполнения реконструкции. В гражданском строительстве и туннелестроении Callidus служит для создания моделей и измерения профилей. Другой сектор приложения – промышленное строительство. Callidus предоставляет идеальные решения для планирования средств производства, контроля деформаций, а также для моделирования процессов. Список потенциальных пользователей включает инженеров-строителей, геодезистов, архитекторов.

1.5. Ротационные лазерные нивелиры

Прибор предназначен для переноса отметок в горизонтальной плоскости.

Особые преимущества:

- автоматическая система выравнивания;
- имеет систему «антишока», обеспечивающую автоматическое отключение прибора при сильном толчке и потере горизонтального положения;

- защищен от грязи и водных потоков;
- работает при температуре -20°C ;
- лазер невидимый и безопасный.



Рис. 1.4. Ротационный лазерный нивелир PR 60

Примеры применения:

- экскаваторные работы для закладки фундамента;
- заливка бетона для фундамента, пола, потолка;
- выравнивание опалубки;
- перенос отметок;
- прокладывание дренажа и канализации;
- разметка спортплощадок и парковок.

Таблица 1.2

Технические характеристики

Класс лазера	Класс 1, невидимый, 795 nm, (IEC60825-1)
Диапазон	1-150 м с детектором
Точность	± 0.7 мм на 10 м
Скорость вращения	600 об./мин
Диапазон самовыравнивания	$\pm 5^{\circ}$
Время, требующееся на автоматическое самовыравнивание	Максимальное время выравнивания – менее 30 секунд при комнатной температуре с отклонением $\pm 5^{\circ}$
Диапазон температур	Рабочая температура: от -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$ Температура хранения: от -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$
Ресурс батареи	Алкалиновые: >140 часов NiCad: >60 часов
Класс защиты	IP 56 (в соответствии с IEC 529)
Размеры	260x151x242 мм

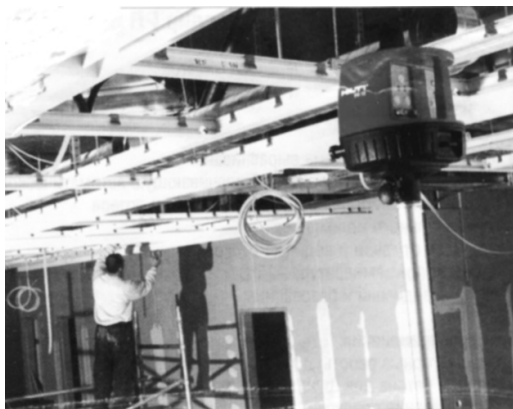


Рис. 1.5. Ротационный лазерный нивелир PR 16

Прибор предназначен для разметки горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей при помощи мишеней для звукового и визуального восприятия, перенос прямых углов.

Особые преимущества:

- полностью автоматическое выравнивание;
- имеет систему «антишока», обеспечивающую автоматический контроль отключения прибора при сильном толчке горизонтального положения;
- дизайн создан для работы в условиях стройки;
- работает один оператор;
- прост в управлении;
- функция «smart scan» позволяет проецировать на стене четко выделенную линию.

Примеры применения:

- фасадные работы;
- выравнивание деревянных крыш, инсталляция дверей и окон;