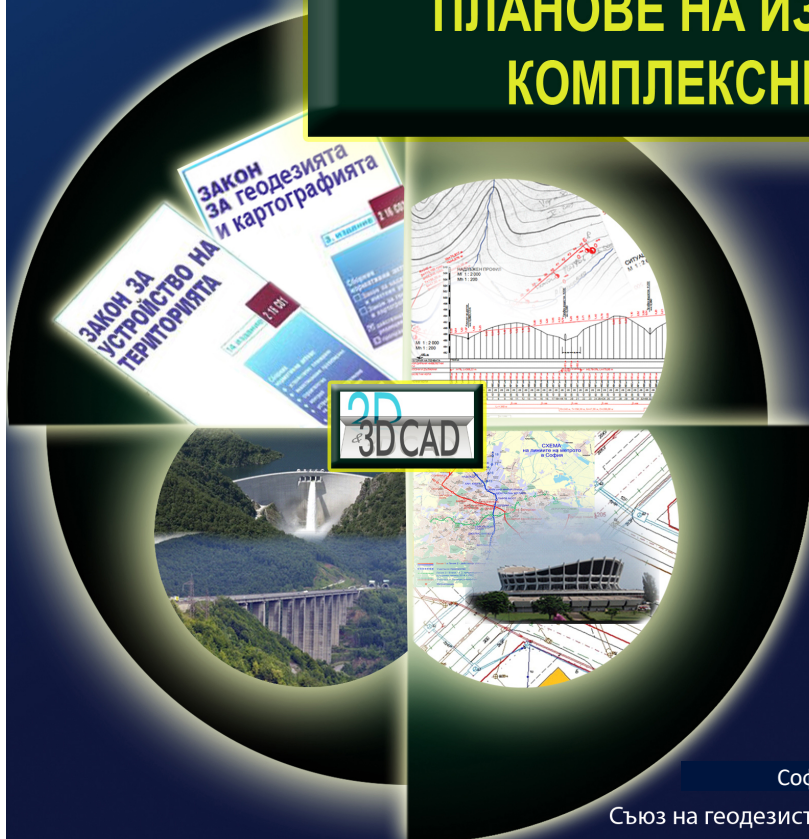


Чл.-кор. проф. д-р инж. ГЕОРГИ МИЛЕВ
Поч. проф. д-р инж. ИВО МИЛЕВ

ПРИЛОЖНА ГЕОДЕЗИЯ
Част 1
ИНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗИЯ

Книга 3(3.1)

**ИЗГРАЖДАНЕ НА ЛИНЕЙНИ ОБЕКТИ,
СГРАДИ, СЪОРЪЖЕНИЯ И МОНТАЖ
НА ТЕХНОЛОГИЧНО ОБОРУДВАНЕ.
ПЛАНОВЕ НА ИЗГРАДЕНИТЕ
КОМПЛЕКСНИ ОБЕКТИ**



София, 2020

Съюз на геодезистите и земеустроителите в България
София, 2020 г.

Чл.-кор. проф. д-р инж. ГЕОРГИ МИЛЕВ
Поч. проф. д-р инж. ИВО МИЛЕВ

ПРИЛОЖНА ГЕОДЕЗИЯ

Част 1

ИНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗИЯ

«Наука требует от человека всей его жизни. И если бы у вас было бы две жизни, то их бы не хватило вам. Большого напряжения и великой страсти требует наука от человека»

Акад. Иван Петрович Павлов (1849-1936),
лауреат на Нобелова награда
<https://psichov.net/pavlov-ivan-petrovich/>

Книга 3 (3.1)

ИЗГРАЖДАНЕ НА ЛИНЕЙНИ ОБЕКТИ, СГРАДИ, СЪОРЪЖЕНИЯ И МОНТАЖ НА ТЕХНОЛОГИЧНО ОБОРУВАНЕ. ПЛАНОВЕ НА ИЗГРАДЕНИТЕ КОМПЛЕКСНИ ОБЕКТИ

Съюз на геодезистите и земеустроителите в България
София, 2020 г.

Анотация

В книга 3, на част 1. Инженерна геодезия от Приложна геодезия, са разгледани същността, задачите и ролята на Инженерната геодезия при **проектирането, трасирането, изграждането и експлоатацията на конкретни типове инженерни обекти** – линейни обекти, сгради, съоръжения, и монтаж на технологично оборудване, планове и информационни системи на изградените комплексни обекти и др.

Поради многостранността на третираните проблеми и големия обем на изложената материя, надхвърлящи 1000 компютърни страници, книга 3 се издава като две книги – книга 3.1 и книга 3.2.

Изложени са особеностите в геодезическите работи при проектирането и строителството на линейни обекти (пътища, жп линии, магистрални тръбопроводи и др.) и съоръженията по тях (мостове, пътни възли, тунели, така и на метрополитени и др. – **книга 3.1, без мостове**), както и геодезическите работи, свързани с методите, технологиите, трасирането и контролните измервания през време на строителството и монтажа на сгради, съоръжения (язовири, спортни, с гражданско предназначение, високи съоръжения и др.) и монтаж на машини с различно предназначение, изградени самостоятелно или в комплекси от инженерни обекти, **както и хидромелиоративни обекти и корекции на реки, засушавания и наводнения – книга 3.2.** По-нататък е представено съставянето на планове на изградените обекти и кадастъра на комуникациите на комплекси от инженерни обекти и съответни информационни системи. За различните обекти, в изложението тук, най-напред се дава кратка, специфична информация за тяхната същност, изграждане, изисквания и нормативна база и особености. Така наред с другото се използва актуалната инженерна информация и терминология и специалистите говорят на един език помежду си, още повече, че третираните проблеми са интердисциплинарни.

Структурата на книгата е оригинална. Изложението е в съответствие с възприетия начин на изложение в книги 1 и 2 на авторите, с действащата нормативна база и с възможностите, които предлагат съвременните дигитални апарати, инструменти, системи и технологии. Тя отразява в голяма степен вижданията, дългогодишните изследвания, преподавателски опит, участието в изграждането и изследването на деформациите на инженерни обекти, включително и на такива с оригинални пространствени конструктивни решения, реализирани с участие на авторите.

Книгата е предназначена за специалистите, работещи по изграждането (проучване, проектиране, строителство, монтаж) и експлоатацията на различни инженерни обекти и комплекси от тях. Също така и за преподавателите, докторантите, студентите от направление „Архитектура, строителство и геодезия“ и др. и за практикуващите специалисти в областта на Инженерната геодезия, препоръчително заедно с останалите две книги от нея.

Посвещаваме на: Наталия Иванова Милева – съпруга и майка

Авторите

Рецензенти:

1. чл.-кор. проф. д. а. н. д-р арх. Атанас Ковачев,
доц. д-р инж. Венета Коцева
2. Доц. д-р инж. Тодор Костадинов
3. Д-р инж. Иван Калчев Иванов.

ISBN 978-619-90732-4-7 печат
978-619-90732-5-4 за pdf

Предговор

Книгата „Изграждане на линейни обекти, сгради, съоръжения и монтаж на технологично оборудване. Планове на изградените комплексни обекти“ е част от проекта „Приложна геодезия“ на авторите, състоящ се от три части **1. Инженерна геодезия, 2. Природонаучен аспект на приложение на Геодезията, 3. Други приложения на геодезията**. Трите заедно третират всестранното приложение на геодезията, изложено в книга 1 на Инженерна геодезия.

Книгата всъщност е трета – книга 3 на част 1. Инженерна геодезия, която се отпечатва под формата на **3 книги**, като книга 1 „**Основи, системи и технологии в Инженерната геодезия**“ – 498 стр. и книга 2 „**Проектиране и приложение на устройствените и на генералните планове**“ – 330 стр. вече в дигитален вид се разпространяват от електронната книжарница [<http://Billio.bg>] и в аналогов вид в книжарниците на УАСГ, МГУ, строителна книжарница СЕК и др. Отпечатани са в издателство „Авангард“. Издания са на Съюз на геодезистите и земеустроителите в България (Изд. № 978-619-90732).

Основанието за отделянето и на тази част от проблемите на Инженерната геодезия като отделна – книга 3 е: **големият обем** на материята по Инженерна геодезия; **специфичността** и тематичното обособяване на проблематиката; направеното за първи път **обособяване, систематизиране, обобщаване и представяне** на съвременните достижения в тази област във вид на **системи методи и технологии** (основен, неотменен елемент и предпоставка - теоретична и практическа, за по-сетнешното реализиране и при отделните конкретни инженерни обекти или комплекс от тях); **Необходимостта** от по-обширно излагане на проблемите по проучването, проектирането, строителството, контрола и изследването на деформациите на конкретни обекти или комплекси от тях, налагаща се поради факта, че при тях възникват и трябва да бъдат решени от геодезистите много комплексни специфични проблеми. Примери и подробни обобщения, за съжаление, липсват или са малко в литературата. Информацията и опита за това, обаче според авторите, е много необходимо да бъде систематизирана, обобщена и представена на геодезистите, тъй като опитът в инженерната геодезия е от изключително значение за решаването на проблемите; **големият кръг от специалисти**, работещи конкретно и то само в тази област. Не на последно място, с отделното ѝ издаване тя ще бъде **много по-бързо достъпна** и удобна за ползване. За това благоприятства и реализирането ѝ чрез съвременните възможности за **дигитално издаване и ползване**, включително и на мобилни устройства.

Както вече се отбеляза в анотацията - налага се книга 3 да бъде отпечатана като две книги – книга 3.1 и книга 3.2.

Заедно с това обаче съществува планирана, непосредствена и неизбежна връзка на тук третираната материя и конкретната ѝ реализация с останалите две книги на 1. Инженерната геодезия. Има се предвид приложението при изграждането – проектирането, трасирането и контролирането по време на строителството и монтажа на различните типове конкретни инженерни обекти и комплекси от тях. Това означава, че трите книги са едно цяло, обособено органично цяло – Инженерна геодезия. Поради това цялата номерация на заглавия, фигури, таблици и др. са неразделна част - елемент от 1. Инженерна геодезия. Това обуславя също и включването на тази книга по-нататък в едно обединено дигитално издание като 1. Инженерна геодезия. Всъщност тя, както се отбеляза, по-начало бе включена като неразделна част от нея. Нещо, което не е правено в световната литература в тази област.

В литературата, посветна на Инженерната геодезия, всъщност практически има малко цялостни, специализирани трудове, посветени изцяло на Инженерната геодезия. Не са малко обаче тези, които са посветени на конкретни приложения на Инженерната

геодезия. Те, до голяма степен, заедно със съвременната нормативна база, са намерили отражение в предлагания труд.

В книга 3, както и вече издадените две книги – 1 и 2, е използвана **десетичната система на номерация**. Поради големия брой и голямата многостепенност на заглавията, за по голяма прегледност и тук е прибягнато до едно опростяване, като е въведено последователно четиристепенно номериране, както във вече споменатите наши книги 1 и 2. То се изразява във въвеждането на традиционното четири степенно номериране, като там, където то се налага да бъде надвишено, се въвежда отново, ново, допълнително четиристепенно номериране.

При третата книга обаче се наложи **отделните раздели да се оформят самостоятелно**, по отношение **номерирането** на литературата, фигурите, таблиците и формулите, поради сложността и многоцифреността, която се явява при непрекъснатата номерация. Такъв проблем, всъщност се появява тук, както при цитиране на заглавията на текстове, макар и не много често. Така, освен при приетото правило за цитиране от книга в книга, при трите ни книги, тук се явяват и нови моменти за цитиране и от един в друг раздел на книга 3. Приема се: пред цитирания номер на фигура, таблица, формула, литература да се поставя и номера на раздела. Например при необходимост от цитиране на фиг. 56 от раздел 3.6 – мостове, в някой друг раздел, цитатът в другия раздел има вида (фиг. 3.6-56: съответно, табл. 3.6-5, , форм. 3.6.-35, литературен източник [3.6-25]). Така идентичността се осигурява.

Авторите изказват благодарност на Съюз на геодезистите и земеустроителите в България за издаването на книгата под негова егида, както и за съдействието и подкрепата, оказана им, при подготовката и реализирането на книгата. Благодарим и на рецензентите: чл.-кор. проф. д. а. н. д-р арх. Атанас Ковачев и на сърецензента доц. д-р инж. Венета Коцев, на доц. д-р инж. Тодор Костадинов и д-р инж. Иван Калчев Иванов за положителните рецензии на книгата. Благодарност дължат също на асист. инж. Иво Гаджов за съдействието при представяне на дигитално проектиране на пътищата, на д-р инж. Тамара Илиева за предоставената информация, свързана с разделите за жп, пътища и метрополитени, съответно на инж. Ивайло Илиев за раздела енергоснабдяване и на маг. икон. Илиян Панчев за ефективното съдействие при решаване на проблеми по компютърната подготовка на книгата. Още благодарности са изказани в отделни раздели и на други колеги спомогнали за реализирането им.

Особена благодарност дължим на безрезервното и активно съдействие на инж. Кристина Гълъбова за подготовката на таблиците, формулите и голямата част от фигурите за печат, за съставянето на индекса и др. както и на Светла Петрова и инж. Иванка Колева за изработването на корицата на книгата и на инж. Катя Кръстева за превода на английски език на част от книгата.

София, 27. декември, 2019 г.

Авторите

СЪДЪРЖАНИЕ на книга 3.1

3. ИЗГРАЖДАНЕ НА ЛИНЕЙНИ ОБЕКТИ, СГРАДИ, СЪОРЪЖЕНИЯ И МОНТАЖ НА ТЕХНОЛОГИЧНО ОБОРУВАНЕ. ПЛАНОВЕ НА ИЗГРАДЕНИТЕ КОМПЛЕКСНИ ОБЕКТИ	19
3.1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИ РАБОТИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕТО И СТРОИТЕЛСТВОТО НА ЛИНЕЙНИ ОБЕКТИ И СЪОРЪЖЕНИЯТА ПО ТЯХ	19
3.1.1. Кратка характеристика и подразделение на линейните обекти	21
3.1.2. Общовалидни елементи и дейности при изграждане на линейните обекти	23
3.1.2.1. Общи постановки	23
3.1.2.2. Геодезическа основа и дейности	24
3.1.3. ПРОЕКТИРАНЕ И ТРАСИРАНЕ НА ЛИНЕЙНИ ОБЕКТИ	25
3.1.3.1. ПРОЕКТИРАНЕ И ТРАСИРАНЕ НА ОСИТЕ НА ЛИНЕЙНИ ОБЕКТИ ИЗВЪН ЗАСТРОЕНИ ТЕРИТОРИИ	25
1. Общо за проектирането и трасирането	25
2. Графоаналитично проектиране, определяне на данните и трасиране	26
2.1. Проектиране чрез традиционните методи и технологии	26
2.2. Трасиране чрез традиционните методи и технологии	30
2.3. Съставяне на окончателната ситуация, надлъжния профил и напречните профили	31
3. Дигитално проектиране и трасиране чрез съвременните технологии	31
3.1. Числен модел на терена	33
3.1.1. Дефиниция и същност	30
3.1.2. Източници на данните за числения модел на терена	34
3.1.3. Класификация на данните, за създаване на числен модел на терена	35
3.1.4. Методи за създаване	34
3.1.5. Анализ, алгоритми и програмно осигуряване	35
3.1.6. Използвани програмни системи за създаване на числени модели на терена	39
3.2. Проектиране и определяне на елементите за трасиране	40
3.2.1. Използване на системата за проектиране InRoad	40
3.2.2. Проектиране на пътища със софтуер Plateia	41
3.3. Трасиране чрез съвременните технологии	
4. Проектиране и трасиране на скатови канали	42
3.1.3.2. ПРОЕКТИРАНЕ И ТРАСИРАНЕ НА ОСИТЕ НА ЛИНЕЙНИ ОБЕКТИ В ПРОМИШЛЕНИ ПРЕДПРИЯТИЯ, НАСЕЛЕНИ МЕСТА И ДРУГИ ЗАСТРОЕНИ ТЕРИТОРИИ	43
1. Общо за проектирането и трасирането	43
2. Трасиране на пътища и жп линии	44
3. Трасиране на подземни комуникации	46
3.1.4. ТРАСИРАНЕ И КОНТРОЛ ПРИ ИЗГРАЖДАНЕТО НА ЗЕМНАТА ОСНОВА НА ПЪТИЩАТА, ЖП ЛИНИИТЕ, КАНАЛИТЕ И КОРЕКЦИИТЕ НА РЕКИТЕ	47
3.1.4.1. Характеристика на напречните профили на обектите	47
3.1.4.2. Трасиране на елементите на напречните профили	48
3.1.4.3. Контрол през време на строителството	49
3.1.5. Софтуер за проектиране на линейни обекти	50
3.1.6. ЛИТЕРАТУРА към 3.1.	51

3.2. ГЕОДЕЗИЧЕСКИ РАБОТИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ, СТРОИТЕЛСТВО, РЕКОНСТРУКЦИЯ И ПОДДЪРЖАНЕ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНИ ЛИНИИ	52
3.2.1. Обща информация за жп линиите в България и високоскоростния жп транспорт	52
3.2.2. Нормативна база, класификация и елементи на жп. линиите	55
3.2.2.1. Нормативна база	55
3.2.2.2. Класификация и елементи на жп линиите	55
3.2.2.3. Основни постановки и изисквания при изграждане и експлоатация на жп линиите, елементите им и железопътната инфраструктурата	57
3.2.3. Проектиране на нови жп линии	60
3.2.3.1. Специфични особености при проектиране на жп линиите като линеен обект	60
3.2.3.2. Проектиране на оста на трасето в ситуация и във височина	60
1. Ситуация	60
2. Криви, използвани при жп линиите	62
3. Надлъжен профил	63
4. Напречни профили	64
3.2.4. Софтуер за проектиране, строителство, реконструкция, поддържане и експлоатация за жп линиите	66
3.2.4.1. Трансгео ООД	66
3.2.4.2. Technet Rail	69
3.2.4.3. CGS plus	71
3.2.5. Проектиране при реконструкция на съществуващи железопътни линии	75
3.2.5.1. Общи постановки	75
3.2.5.2. Показатели на проектираните трасета	76
3.2.5.3. Проектиране при трудни теренни условия	77
3.2.6. Данни за геодезическите работи при проектиране на нови и реконструкцията на съществуващи железопътни линии	78
3.2.6.1. Обща информация	78
3.2.6.2. Геодезическа мрежа на железопътната отсечка Розино – Хр. Даново	79
1. Опорна геодезическа мрежа	79
2. Подробна геодезическа мрежа	81
3.2.6.3. Съвременни решения, системи и технологии при снимка на железния път и на железопътните гари	83
1. Общо за системите	83
2. Данни за Мобилни жп системи	84
2.1. Комплексна мобилна система „Swiss trolley“	84
2.2. Мобилна жп система Leica Geosystems SiTrack	86
2.3. Приложение на мобилните жп системи	90
3.2.6.4. Геодезически работи при снимка на открит път за изработване на проекта за реконструкция на железопътни линии	91
1. Общо за геодезическите работи	91
2. Традиционни методи и осъвременяването им	92
3. Измерване на естествените флешове	94
4. Ъглово изображение	95
5. Графично представяне на измерените флешове	98
6. Реконструкция на жп линия в ситуация	100
3.2.6.5. Снимка на железния път и на железопътните гари	104
3.2.6.6. 3D лазерно сканиране за целите на жп	106
1. Лазерно сканиране на „Царската гара“	106

2. 18 km отсечка от линията между Crewe и Chester	106
3. Приложение при реконструкция на съществуваща линия	107
4. Топографско картиране на пресечни връзки между линиите в Лондон	107
5. Използване на мобилен лазерскенер при Френските железници SNCF	108
3.2.7. Трасиране и контрол при строителството и реконструкцията на жп линиите	109
3.2.7.1. Геодезическа основа, данни и трасиране на оста и жп инфраструктурата	109
3.2.7.2. Трасиране на стрелки, стрелкови съединения и стрелкови улици	111
1. Стрелки	111
2. Трасиране на стрелкови съединения между два коловоза	112
3. Стрелкови улици	114
4. Съвременни решения при трасирането на стрелки и гари	115
5. Точност при трасиране на гари	117
6. Трасиране при удвояване и електрифициране на железопътни линии	118
3.2.8. Поддържане на жп линиите	119
3.2.8.1. Общо за поддържането	119
3.2.8.2. Проект за оптимизацията на железния път в план и профил	120
3.2.8.3. Координиране и километриране на проектната ос на железния път	121
3.2.8.4. Репериране	122
3.2.8.5. База данни и информационна система	123
1. База данни	123
2. Информационна система – ГИС	124
2.1. Общи данни	124
2.2. Реализация на снимането, обработката и ГИС	125
2.2.1. Обект на снимане	125
2.2.2. Организация на геодезическото и въздушното заснемане	126
2.2.3. Подготовка за извършване на въздушното фотозаснемане	126
2.2.4. Обработка на заснетите въздушни фотоизображения	128
3.2.9. ЛИТЕРАТУРА към 3.2	130
3.3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИ РАБОТИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ, ТРАСИРАНЕ, СТРОИТЕЛСТВО, РЕКОНСТРУКЦИЯ, ОСНОВЕН РЕМОНТ И КОНТРОЛ НА ПЪТИЩАТА В БЪЛГАРИЯ	132
3.3.1. Принципи на постановки	132
3.3.2. НОРМАТИВНА БАЗА, КЛАСИФИКАЦИЯ И ЕЛЕМЕНТИ НА ПЪТИЩАТА	132
3.3.2.1. Нормативна база	132
3.3.2.2. Подразделяне и класификация на пътищата	133
3.3.2.3. Елементи на пътищата	134
3.3.2.4. Основни постановки и изисквания при изграждане и експлоатация на пътищата в нормативните документи	136
1. ЗАКОН ЗА ПЪТИЩАТА	134
1.1. Някои основни, специфични понятия от Закона за пътищата	134
1.2. Общи разпоредби	136
1.3. Изграждане, ремонт, поддържане и управление на безопасността на пътната инфраструктура	137
1.4. Отчуждаване и временно ползване на недвижими имоти за пътища	138
1.5. Финансиране	138
2. ПРАВИЛНИК ЗА ПРИЛОЖЕНИЕТО НА ЗАКОНА ЗА ПЪТИЩАТА	138
2.1. Основни елементи на пътя	138
2.2. Прилежащи зони	141

2.3. Планиране, изграждане и поддържане на пътищата	139
3. НОТИФИЦИРАНА НАРЕДБА ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА ПЪТИЩА	139
3.1. Общо за наредбата	139
3.2. Общи положения	141
3.3. Трасе на пътя	141
3.4. Проектни елементи на пътя	142
3.4.1. Общи изисквания	142
3.4.2. Ситуация	143
3.4.3. Надлъжен профил	144
3.4.4. Напречни наклони и уширения	146
3.4.5. Серпентини	147
3.4.6. Пространствено проектиране	148
3.5. Пътно платно	148
3.5.1. Напречен профил на пътя	148
3.5.2. Елементи на пътното платно	149
3.5.3. Габарити	149
3.5.4. Безопасна зона	149
3.5.5. Типове пътни платна	149
3.5.6. Пресичане и разполагане на други комуникации	150
3.6. Пътни кръстовища и пътни възли	151
3.6.1. Общи положения	151
3.6.2. Пътни кръстовища	151
3.6.3. Пътни възли на две и повече нива	152
3.7. Земно тяло	152
3.8. Обхват и съдържание на инвестиционните проекти за пътища	152
3.9. Геодезически работи, дигитална, текстова и графична част на проектите	153
3.9.1. Общи постановки	153
3.9.2. Предварителни проучвания за инвестиционните проекти при строителство на пътища	154
3.9.3. Идеен проект за пътните обекти	154
3.9.4. Технически проект за изграждане на пътища и на съоръженията към тях	155
3.9.5. Технически проект при строителство на <u>нови</u> пътни обекти	157
3.9.6. Технически проект при <u>реhabилитация</u> на съществуващи пътни обекти	157
3.9.7. Подробен устройствен план (ПУП) / парцеларен план	159
3.9.8. Работен проект за <u>изграждане</u> на пътища и на съоръженията към тях	160
3.9.9. Работен проект при строителство на <u>нови</u> пътни обекти	161
3.9.10. Работният проект при <u>реhabилитация</u> на съществуващи пътни обекти	163
3.9.11. Принципни въпроси, свързани с Наредбата и нормативната база	164
4. Още задължителни размери, данни и типови елементи на пътищата	165
3.3.3. Обща информация за пътищата и автомагистралите в България	167
3.3.4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИ РАБОТИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА НОВИ ПЪТИЩА, РЕКОНСТРУКЦИЯ И ОСНОВЕН РЕМОНТ НА ИЗГРАДЕНИ ПЪТИЩА	171
3.3.4.1. Геодезическа основа за проектирането и трасирането	171
1. Опорни мрежи	171
2. Карти и планове	172
3.3.4.2. Проектиране оста на пътното трасе в ситуация и във височина	172
1. Общи данни	172
2. Ситуация	173
3. Надлъжен профил	174

4. Напречни профили	176
3.3.5. Софтуер за проектиране, строителство, реконструкция, поддържане и експлоатация за пътищата	177
3.3.5.1. Общо за софтуерните решения	177
3.3.5.2. Проектиране на пътища с Plateia и AutoCAD Civil 3D	177
1. Plateia	177
1.1. Обща информация	177
1.2. Проектиране на пътища с Plateia	178
2. AutoCAD Civil 3D	179
3.3.5.3. Обобщена последователност и ход на дигитално пътно проектиране	180
3.3.5.4. Някои геодезически аспекти при BIM реализация за рехабилитация на пътища	181
1. Същност на BIM	182
2. Конфигуриране и предварителна подготовка	183
3. Въвеждане на обработени данни от геодезически измервания с кодове и създаване на числен модел	184
4. Оптимизиране на трасето на пътя	186
5. Създаване на профил на терена	189
6. Създаване на надлъжния профил	190
7. Създаване на типов напречен профил	190
8. Създаване на теоретичен пътен модел	191
9. Изчисление на вложените материали	191
10. Приложение	192
3.3.6. Особенности в геодезическите работи при изграждане на автомагистрали	192
3.3.6.1. Общи решения и геодезическа основа	192
3.3.6.2. Възстановяване, преизмерване и прекоординиране на точки от подробната геодезическа основа за Автомагистрала "Марица", участък "Димитровград – Харманли"	194
1. Общи данни	194
2. Откриване на съществуващите и възстановяване на унищожените точки от геодезическата основа	195
3. Цялостно преизмерване на полигоновата основа	195
3.1. GNSS измервания	195
3.2. Геометрична нивелация	196
4. Изчисления за прекоординиране на точките на основата	197
4.1. Обработка на резултатите от GNSS измерванията	197
4.2. Обработка на резултатите от геометричната нивелация	198
5. Регистри на точките от геодезическата основа и нивелачните репери	198
3.3.7. Трасиране при свързване и пресичане на пътища. Пътни възли	198
3.3.8. Трасиране на пътно платно в крива	206
3.3.9. Трасиране и контролиране при полагането на асфалта	206
3.3.10. Изследване на деформациите на пътното платно и пътното покритие	210
3.3.11. ЛИТЕРАТУРА към 3.3	212
3.4. ПРОЕКТИРАНЕ, ТРАСИРАНЕ И КОНТРОЛИРАНЕ ПРИ СТРОИТЕЛСТВОТО НА ЛИНЕЙНИ ОБЕКТИ И СЪОРЪЖЕНИЯТА, СВЪРЗАНИ С ТЯХ, НА ЕНЕРГОСНАБДЯВАНЕТО, СЪОБЩЕНИЯТА, ВОДОСНАБДЯВАНЕТО, КАНАЛИЗАЦИЯТА. ВЪЖЕНИ ЛИНИИ	215
3.4.1. Общо за енергоснабдяването	215

3.4.1.1. Общо	215
3.4.1.2. Източниците на енергия	215
3.4.1.3. Съоръжения за транспортиране на енергията	215
3.4.1.4. Съоръжения за съхранение на енергията	215
3.4.2. ПРЕДПРИЯТИЯ, СИСТЕМИ И ТЕХНОЛОГИИ НА ЕНЕРГОСНАБДЯВАНЕТО	216
3.4.2.1. Нефтени, минни и други предприятия за добив	216
3.4.2.2. Рафинерии	217
3.4.2.3. Топлоелектроцентрали	218
3.4.2.4. Атомни електроцентрали	219
3.4.2.5. Фотоволтаични системи	220
3.4.2.6. Системи, свързани с използване на вятърна енергия	220
3.4.3. ЛИНЕЙНИ ОБЕКТИ, СЪОРЪЖЕНИЯ КЪМ ТЯХ И МРЕЖИ НА ЕНЕРГОСНАБДЯВАНЕТО, СЪОБЩЕНИЯТА, ВОДОСНАБДЯВАНЕТО И КАНАЛИЗАЦИЯТА	222
3.4.3.1. Систематизация на обектите	222
1. Преносът на електричество	222
2. Тръбопроводи	222
2.1. Нефтопроводи	223
2.2. Топлопроводи	224
2.3. Газопроводи. Магистрални газопроводи	224
3. Магистрални водопроводи и канализационни колектори, системи и мрежи	226
3.4.3.2. Електроснабдителна мрежа	226
1. Общи постановки	226
2. Електропреносна мрежа на България	227
3.4.3.3. Газопреносна система и мрежи	228
1. Общи данни за газопреносната система на България	228
2. Национална газопреносна мрежа	228
3. Газопреносна мрежа за транзитен пренос	229
4. Подземното газохранилище Чирен	229
5. Трансгранични инфраструктурни проекти	230
6. Инфраструктурни проекти на "Булгартрансгаз" ЕАД	231
6.1. Връзки с преносните системи на съседни страни	231
6.2. Съхранение на природен газ	232
6.3. Разширение на съществуващата газопреносна мрежа	232
6.4. Газоразпределителен център (хъб)	233
3.4.3.4. Съобщителни линии и кабели	234
3.4.4. НОРМАТИВНАТА БАЗА	234
3.4.4.1. Закон за енергетиката	235
1. Общи постановки	235
2. Регулирането на дейностите. Лицензии. Оператори на преносна мрежа	235
3. Вещни права. Право на строеж. Отчуждаване	235
4. Електроенергетика	236
5. Топлоснабдяване	237
6. Газоснабдяване	237
7. Допълнителни разпоредби. Дефиниции	237
3.4.4.2. Наредба № 6 от 25 ноември 2004 г. За технически правила	239
1. Подводни газопроводи	239
2. Газопреносна мрежа	239
3. Подземни газопроводи	240

4. Надземни газопроводи	240
5. Подземни газохранилища	240
6. Природен газ	240
7. Подземни газопроводи за природен газ	241
8. Преходни и Заключителни разпоредби	241
3.4.4.3. Наредба за устройството на електрическите уредби	241
1. Въздушни електропроводни линии с напрежение до 1000 V	242
2. Въздушни кабелни линии с напрежение над 1000 V	242
3.4.4.4. Наредба № 17 за правилата за изграждане на кабелни далекосъобщителни мрежи и съоръженията към тях от 3.06.2005 г.	243
1. Общи положения	243
2. Подземни кабелни далекосъобщителни мрежи	243
3. Въздушни кабелни далекосъобщителни мрежи	243
4. Изисквания при изграждане на съоръжения на далекосъобщителните мрежи	243
5. Маркировка на мрежите	244
3.4.4.5. Закон за водите	244
3.4.5. ПРОЕКТИРАНЕ, ТРАСИРАНЕ, КОНТРОЛ И ДОКУМЕНТИРАНЕ НА ЛИНЕЙНИ ОБЕКТИ НА ЕНЕРГОСНАБДЯВАНЕТО И КАНАЛИЗАЦИЯТА	244
3.4.5.1. Общи постановки	244
3.4.5.2. Проектиране, трасиране и контролиране на електропроводи. ГИС на Електропреносна мрежа. Документиране	245
1. Общи положения и изисквания при проектиране на електропроводи	245
2. Геодезическа основа и начини на проектиране	247
3. Графично проектиране	248
3.1 Проектиране на трасето в ситуация	248
3.2. Проектиране на надлъжния профил на електропровода	250
4. Дигиталното проектиране	253
4.1. Общо за дигиталното проектиране и софтуера	253
4.2. Конкретен софтуер за проектиране на въздушни електропроводи	254
4.2.1. ELECTRA	254
4.2.2. Друг софтуер	256
5. Трасиране, маркиране и репериране на трасето	256
6. Трасиране на стълбовете и контрол	257
7. Създаване на карта и ГИС на Електропреносната мрежа на България	259
7.1. Задание, заснемане и обработка. Документиране	259
7.1.1. Общи постановки и данни за НЕК и проекта	259
7.1.2. Текущо състояние на електроенергийния сектор	261
7.1.3. Предназначение и резултати	262
7.1.4. Обхват на работата. Описание на проекта	262
7.1.5. Изпълнение на договора за ГИС	263
7.1.5.1. Дейности	263
7.1.5.2. Резултати	264
7.2. ЕСРИ ГИС за електропреносната Мрежа високо напрежение	265
7.3. ГИС на Мрежи ниско напрежение	266
7.4. Обследване на електропроводите	268
3.4.5.3. Проектиране, трасиране и контролиране на съобщителни линии и кабели	268
1. Проектиране на съобщителни линии и кабели. Необходими планове и	

трасиране на съобщителните линии	268
2. Необходими планове и трасиране на съобщителните линии	269
3. Трасиране на кабелни мрежи	269
4. Проектиране и изграждане на кабелни електронни съобщителни мрежи	270
4.1. Общо за мрежите и елементите им	270
4.2. Нормативната уредба	271
4.3. Съдържание на инвестиционния проект	271
4.4. Изграждане на кабелни системи	271
4.4.1. Методи	271
4.4.2. Трасиране	272
4.5. Полагане на оптични кабели	272
4.5.1. Изисквания към оптичния кабел	272
4.5.2. Подземно инсталиране на кабели	272
4.5.3. Полагане на кабела	273
4.6. Маркировка на положения кабел	273
3.4.5.4. Проектиране, трасиране, контролиране и документиране на осите на тръбопроводите, свързани с енергоснабдяването, водоснабдяването и канализацията	274
1. Общи постановки и геодезическите дейности	274
2. Проектиране на магистралните тръбопроводи	275
2.1. Общи изисквания	275
2.2. Осигуряване на необходимата за проектиране дигитална картна и друга геодезическа основа, включително и ново заснемане.	
Проектиране	277
2.2.1. Общи постановки	277
2.2.2. Създаване на числен модел на терена за проектиране на трасето на газопровод Чирен – Козлодуй – Оряхово	277
2.2.2.1. Въздушно лазерно сканиране	277
2.2.2.2. Общи характеристики на обекта	278
2.2.2.3. Геодезически дейности	278
2.2.2.4. Технически параметри за въздушното лазерно сканиране	279
2.2.3. Създаване на дигитална геодезическа основа за проектиране на газопровод между гр. Силистра и гр. Добрич	280
2.3. Работен проект	281
2.4. Трасиране, контролиране и документиране на магистралните тръбопроводи	283
2.5. Използване на софтуер при геодезическите работи за отделните етапи на изграждане на магистралните тръбопроводи	283
2.6. Междусистемна газова връзка България – Гърция	288
3. Проектиране, трасиране и документиране на разпределителни газопроводи и мрежи	290
4. Проектиране, трасиране и документиране на магистрални водопроводи, канализационни колектори и мрежи	294
4.1. Обща постановка	294
4.2. Изграждане на водопровод за минерална вода от сондаж при минерална баня с. Бързия до минерална баня гр. Берковица	294
4.2.1. Обхват на проекта	295
4.2.2. Обхват на строително-монтажните работи по изграждане на обекта	295
4.3. Напорен тръбопровод с. Ореховица до гр. Тръстеник	296

5. Трасиране и контрол при изграждане на подземни комуникации, свързани с енергоснабдяването, съобщенията, водоснабдяването и канализацията	297
6. Трасиране и монтиране на енергийни обекти на колони	302
3.4.6. ВЪЖЕНИ ЛИНИИ	303
3.4.6.1. Общи сведения и изисквания за въжените линии	303
3.4.6.2. Нормативна база при въжените линии	308
1. Наредба за безопасната експлоатация и техническия надзор на въжени линии	308
1.1. Общи разпоредби	308
1.2. Изисквания към нови въжени линии	309
1.3. Технически надзор. Общи положения	309
2. Наредба за съществените изисквания към въжените линии за превоз на хора и оценяване на съответствието на техните предпазни устройства и подсистеми	310
2.1. Общи положения	310
3. Проектиране, трасиране, контролиране и документиране на висящите въжените линии	310
3.1. Предварителни проучвания и обосновки. Основни елементи на въжената линия	310
3.2. Геодезически основа и проектиране на въжена линия	311
3.3. Детайлно проектиране на надлъжния профил	313
3.4. Изисквания за точността на геодезическите работи	315
3.5. Трасиране на въжените линии	315
3.6. Геодезическо заснемане и контрол на съществуващи въжени линии, поддържане, реконструиране и експлоатация. Примери за нови и съществуващи линии	316
3.6.1. Принципни положения	316
3.6.2. Седалкова въжена линия "Рилски езера"	317
3.6.2.1. Технически характеристики	317
3.6.2.2. Установяване на проектната ос, проектната геодезическа основа, трасиране и контролиране	318
3.6.2.3. Заснемане на изграденото положение на линията	323
3.4.7. ЛИТЕРАТУРА към 3.4	324
3.5. ГЕОДЕЗИЧЕСКИ РАБОТИ, СВЪРЗАНИ С ИЗГРАЖДАНЕТО НА ТУНЕЛИ И МЕТРОПОЛИТЕНИ	329
3.5.1. Кратки сведения за тунелите и метрополитените	329
3.5.1.1. Общи постановки	329
3.5.1.2. Тунели	329
3.5.1.3. Метрополитени	334
1. Принципни положения	334
2. Метрополитен София	336
3.5.1.4. Основни данни и изисквания при проектирането и строителството на тунелите и метрополитените	339
1. Пътни и железопътните тунели	339
1.1. Общо за проектирането на пътните и железопътните тунели	339
1.2. Проектиране на ситуацията и надлъжния профил	341
2. Данни и изисквания при метрополитените	341

2.1. Изисквания към оста на трасето и станциите в план и профил	341
2.2. Габарити на метротунелите	342
2.3. Горно строене на железния път	342
2.4. Станции, тунели и други съоръжения на метрото	343
3.5.1.5. Технологии и методи на строителство, приложени при изграждане на Софийския метрополитен	345
1. Открит способ	345
2. Милански метод	347
3. Щитов метод	349
4. Нов австрийски тунелен метод	350
5. Модифициран австрийски тунелен метод	351
6. Технология и организация на строителството при изграждане на централния участък от трети метродиаметър на Софийското метро	351
6.1. Общи данни за условията и технологията	351
6.2. Подходяща технология	352
6.3. Схема на работа на тунелно пробивната машина	353
6.4. Предварителни строителни работи	354
3.5.1.6. Нормативна база	354
3.5.2. ГЕОДЕЗИЧЕСКИ РАБОТИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ, ТРАСИРАНЕ, ПОСТРОЯВАНЕ И КОНТРОЛИРАНЕ НА ТУНЕЛИТЕ	355
3.5.2.1. Общи постановки	355
3.5.2.2. Топографна и геодезическа основа за тунелите	356
1. Топографна основа – карти и планове за проектирането	356
2. Геодезическа основа – геодезически мрежи	357
2.1. Вид на геодезическите мрежи	357
2.2. Проектиране и построяване на геодезическата опорна мрежа	359
3. Трасиране и ориентиране на тунели	359
3.1. Общо за трасирането и ориентирането	359
3.2. Методи за трасиране и ориентиране на тунелите	360
3.3. Съставяне на проекти и трасиране и ориентиране на тунелната ос	360
3.4. Ориентиране на тунел през една вертикална шахта чрез отвеси	366
3.4.1. Ориентиране чрез отвеси и съединителен триъгълник	366
3.4.2. Ориентирането с помощна линийка	367
3.4.3. Оптическо и лазерно отвесиране	368
3.5. Ориентиране на тунел през две вертикални шахти	368
3.6. Други методи за ориентиране	369
3.7. Пренасяне на котата от повърхността в тунела	370
4. Подземна геодезическа мрежа. Трасиране и контрол	371
4.1. Реализиране на мрежата и на трасирането и контрола	371
4.2. Прецизно управление и контрол на тунелопробивните машини	373
4.3. Трасиране и контрол при изграждане на релсовия път	375
4.4. Измерване на габарита и обследване на тунела	375
5. Трасиране на хидротехнически тунели с голям наклон в процеса на строителството – щолени	376
6. Съставяне на актове, протоколи и скици за трасирането и контрола при изграждане на тунелите	381
3.5.3. ГЕОДЕЗИЧЕСКА ЧАСТ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ, ТРАСИРАНЕ, СТРОИТЕЛСТВО И КОНТРОЛ НА МЕТРОПОЛИТЕНИТЕ	381

3.5.3.1. Геодезически проблеми, решавани при Софийския метрополитен	381
3.5.3.2. Топографна основа дигитални карти, планове и други данни	382
3.5.3.3. Числен модел на проекта на метрополитена	386
1. Числен модел на трасето и надлъжния профил	386
3.5.3.4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИ МРЕЖИ ПРИ СОФИЙСКИЯ МЕТРОПОЛИТЕН	389
1. Общи постановки и вид на геодезическите мрежи	389
1.1. Общи постановки	389
1.2. Триангулационни мрежи на територията на гр. София	390
1.3. Нивелационни мрежи на територията на гр. София	392
1.4. Основни задачи, които трябва да се решат с помощта на опорните геодезически мрежи и изисквания на строителството, монтажа и експлоатацията на метрото	393
1.5. Предварителна оценка на опорните мрежи	394
1.6. Възможности за използване на съществуващите и целесъобразни нови опорни мрежи в района на метрото	395
1.7. Съображения за вида на нов тип геодезически мрежи	396
1.8. Геодезическа опорна мрежа, покриваща генералната схема на метрото	397
1.9. Варианти на прецизни мрежи по отделните клонове на метрото	397
1.10. Моделни изследвания на варианти на геодезическите мрежи	400
1.10.1. Постановка на изследванията	400
1.10.2. Провеждане на изчисленията	401
1.10.3. Изводи, предложения и заключение	401
1.10.4. Препоръки	401
1.11. Възможни други вариантни решения	402
1.12. Обобщение	403
2. Реализирани геодезически мрежи при отделните клонове (диаметри) на метрото	403
2.1. МРЕЖА НА ПЪРВИ КЛОН (ДИАМЕТЪР) НА МЕТРОТО	403
2.1.1. Мрежа на полудиаметър 1 на първи метроклон	403
2.1.2. Мрежи на полудиаметър 2 на първи метроклон	405
2.1.2.1. GNSS мрежа от метростанция „Сердика“ до кв. „Младост 1“	405
1. Общи данни	405
2. Избор на метод за създаване на мрежата	405
3. Проектиране на мрежата	406
4. Данни за GPS-мрежата и измерванията	406
5. Реализиране на проекта	407
5.1. Стабилизиране на точките	407
5.2. GPS-апаратура и измервания	407
5.3. Обработка на измерванията	408
5.3.1. Софтуер	408
5.3.2. Изчисление на вектори	408
5.3.3. Изравнение на мрежата	409
5.4. Трансформация на координатите в Софийска координатна система	409
5.5. Окончателни резултати	410
5.5.1. Вектори	410
5.5.2. Сключване на затворени фигури	411
5.5.3. Трансформация на координати в Софийска координатна система	412

5.5.4. Височини	413
6. Заключение	413
2.1.2.2. Геодезическа мрежа за строителството на разширението и изследване на хоризонталните деформации на Софийското метро от станция 7 („Сердика“) до метростанция 9 (Стадион “В. Левски”)	414
1. Общи положения	414
2. Стабилизиране на точките	416
3. Измерване	418
4. Координиране на точките от Опорната геодезическа мрежа	418
5. Прецизна на ъгловодължина геодезическа мрежа	419
6. Стабилизиране на точките от ъгловодължината геодезическа мрежа	419
7. Измерване на ъгловодължината геодезическа мрежа	420
8. Изчисляване координатите на точките от ъгловодължината геодезическа мрежа	420
9. Данни и материали, които изпълнителят на проекта представя на инвеститора	421
2.2. МРЕЖА НА ВТОРИ КЛОН (ДИАМЕТЪР) НА МЕТРОТО	421
2.2.1. Общо	421
2.2.2. Опорна геодезическа мрежа GNSS	421
2.2.2.1. Обща информация	421
2.2.2.2. Стабилизиране на точките от опорната мрежа	423
2.2.2.3. Описание на точките, включени в проекта	423
2.2.2.4. Измерване	423
2.2.2.5. Дефиниране на локална Софийска координатна система	424
2.2.2.6. Изравнение на опорната мрежа	424
2.2.2.7. Оценка на Опорната геодезическа мрежа GNSS (ОГМ GNSS) на втори метродиаметър на Софийското метро	425
2.2.3. Прецизна ъгловодължинна геодезическа мрежа на клон 2 от метрополитен София	427
2.2.3.1. Обща информация	427
2.2.3.2. Стабилизиране на точките от прецизната мрежа	428
2.2.3.3. Описание на местата на точките и измерване на точките от прецизната геодезическа мрежа	428
2.2.3.4. Изравнение на прецизната ъгловодължинната мрежа	429
2.2.4. Прецизна височинна геодезическа мрежа на клон 2 на Метрополитен София	430
2.2.4.1. Обща информация за нивелачната мрежа	430
2.2.4.2. Стабилизиране на реперите	431
2.2.4.3. Измерване	431
2.2.4.4. Обработка на резултатите от нивелачните измервания на прецизните нивелачни мрежи	431
2.2.5. Прецизна геодезическа мрежа на клон 2 от метрополитен София – продължение след метростанция „Джеймс Баучер“	432
2.2.5.1. Обща информация	432
1. Опорна GNSS геодезическа мрежа	432
1.1 Стабилизиране	434
1.2. Измерване и изчисление	434
1.3. Изравнение и трансформация на опорната геодезическа мрежа	435
2. Прецизна ъгловодължинна геодезическа мрежа	435

2.1. Измерване на прецизната ъгловодължинна геодезическа мрежа	436
2.2. Изравнение на прецизната ъгловодължинна геодезическа мрежа	438
2.3. Изравнение на прецизна нивелачна мрежа	438
2.3. МРЕЖА НА ТРЕТИ КЛОН (ДИАМЕТЪР) НА МЕТРОТО	438
2.3.1. Общи данни	438
2.3.2. Реализиране на проекта	439
2.3.2.1. Стабилизиране, номериране и означаване на точките	439
2.3.2.2. Опорна геодезическа мрежа GNSS1	440
1. Общ данни за мрежата	440
2. Измерване и изчисление на GNSS1	441
3. Изравнение и трансформиране на GNSS1	441
2.3.2.3. Опорна геодезическа мрежа GNSS2	441
1. Общ данни за мрежата	441
2. Измерване	442
3. Изравнение трансформация на Опорната геодезическа мрежа GNSS2	442
4. Прецизна ъгловодължинна и височинна геодезическа мрежа	442
4.1. Данни измерване и изравнение на прецизната ъгловодължинната мрежа	442
4.2. Измерване и изравнение на прецизната височинна геодезическа мрежа	442
2.4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИ МРЕЖИ ЗА УДЪЛЖЕНИЕТО И РАЗКЛОНЯВАНЕТО НА ТРАСЕТАТА НА МЕТРОТО	443
3.5.3.5. ПРОЕКТИ ЗА ТРАСИРАНЕ И КОНТРОЛ	444
1. Съставяне на съответни проекти за трасиране и контрол	444
2. Проект за изследване на деформациите на метрополитена	444
3.5.3.6. ТРАСИРАНЕ И КОНТРОЛИРАНЕ ПРИ ИЗГРАЖДАНЕ НА МЕТРОПОЛИТЕНА	445
1. Общи постановки	445
2. Трасиране и контролиране при отделните методи за прокопаване	445
2.1. Трасиране и контролиране при открития способ на прокопаване - котлован	445
2.2. Трасиране и контролиране при миланския метод чрез шлицови стени	447
2.3. Трасиране и контролиране при новия и модифицирания австрийски метод	450
2.3.1. Обща информация	450
2.3.2. Прецизна геодезическа мрежа на повърхността	451
2.3.3. Трасиране и контролиране	451
2.4. Трасиране и контрол при щитовиден метод на пробиване и при изграждане на метроконструкцията	453
2.4.1. Общи данни	453
2.4.2. Трасиране и контролиране при воденето на тунелопробивната машина	454
2.4.3. Трасиране и контрол на хода на тунелопробивната машина при първи клон (диаметър) от метрополитен София	454
2.4.3.1. Роботизирана геодезическа система	454
2.4.3.2. Контролиране на роботизираната система	456
2.4.3.3. Координиране и ориентиране на метротунелите	458
2.4.3.4. Геодезическа мрежа в метротунела	458
2.4.3.5. Изводи	459

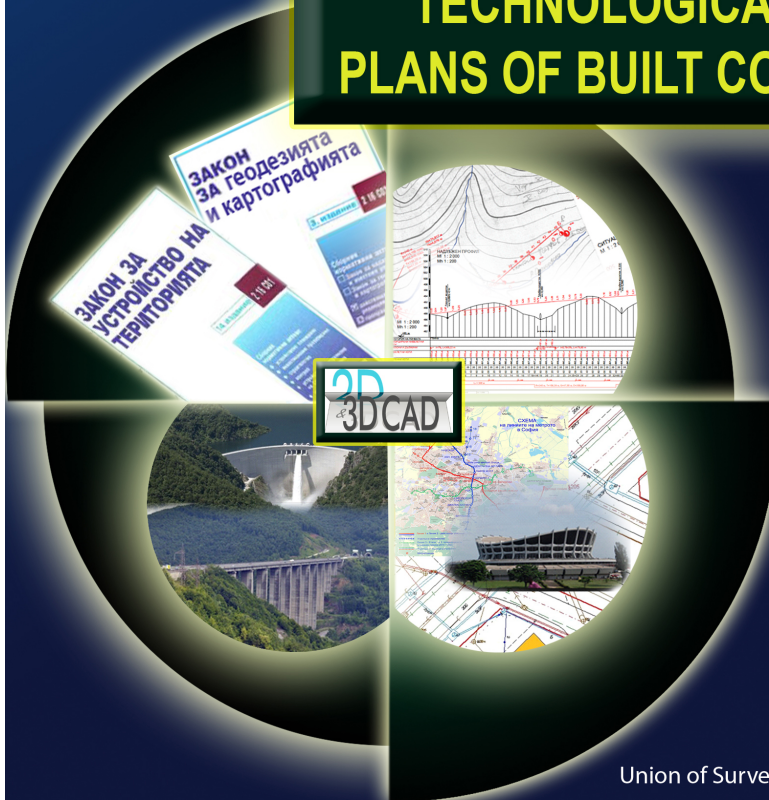
2.4.4. Трасиране и контролиране на хода на тунелопробивната машина на трети клон (диаметър) от Метрополитен София	460
2.4.4.1. Обща информация	460
2.4.4.2. Навигационна система на тунелнопробивната машина	460
2.4.4.3. Работа на системата	461
2.4.4.4. Геодезически контрол	463
3. Трасиране и контрол при изграждане на релсовия път. Реализация на проекта за трасето и профила	466
4. Трасиране и контрол при наземно и естакадно изграждане на метрото	466
5. Геодезически работи при преустройство на градската инфраструктура в участъка на изграждане на метрото	468
3.5.4. ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДЕФОРМАЦИИТЕ ПРИ ТУНЕЛИТЕ И МЕТРОПОЛИТЕНИТЕ	468
3.5.4.1. Общо за изследването на деформациите при тунелите и метрополитените	468
3.5.4.2. Изследване на деформациите на повърхността и в тунела	468
1. Радарна интерферометрия за изследване на сляганията при тунели и метрополитени	468
2.1. Изследване на слягания на тунел в Дюселдорф, Германия	468
2.2. Изследване на слягания на метрото в Будапеща, Унгария	469
3.5.4.3. Изследване на деформациите вътре в тунела	469
3.5.4.4. ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДЕФОРМАЦИИ ПРИ СОФИЙСКОТО МЕТРО	470
1. Общи постановки	470
2. Изследване на деформациите на метрото и сградите на участък от полудиа метър 2 на първи метродиаметър	470
2.1. Общо и проект за изследване на деформациите	470
2.2. Прецизна нивелачна мрежа за строителството на метрото и изследваните обекти	473
2.3. Стабилизиране	475
2.4. Измерване	475
2.5. Обработка на резултатите от измерването на мрежата	476
2.5.1. Съвместно изравнение на цялата мрежа	476
2.5.2. Изравнение на мрежата по групи за определяне на вертикалните премествания на сградите	477
2.6. Установяване на наклоняванията на сградите с височина на пет и повече етажи	477
2.7. Обследване на състоянието на сградите преди, по време и след строителството, въз основа на геодезически измервания	479
3. Изследване на деформациите на метротунела и обектите на повърхността на частта от втори метродиаметър след станция Джеймс Баучер“	479
3.1. Общо за изследването	479
3.2. Изследване на деформации вътре в тунела	480
3.3. Изследване на деформации на терена и обектите над тунела	481
3.4. Опорна геодезическа мрежа и измервания за определяне на вертикалните премествания на терена, на сградите и други обекти, под които преминава метротунела	482
3.4.1. Проект и реализация	482
3.4.2. Изследване на сляганията на терена над тунела	484
3.5. Метод, обработка и програма на измерванията	485
4. Изследване на деформациите на обекти от трети клон (метродиаметър)	486

5. Изследване на габарита на метротунелите	487
3.5.4.5. Система за автоматизирано изследване на деформациите на Лондонското метро - проект Crossrail	487
1. Общо за метрото и проекта	487
2. Система за измерване и обработка	489
3.5.5. Геодезическо заснемане, документиране и информационна система на Тунел и на Метрополитен София	491
3.5.6. ЛИТЕРАТУРА към 3.5.	491
Индекс	497
Applied geodesy	504

Corr. Mem. Prof. Dr. Eng. GEORGI MILEV
Hon. Prof. Dr. Eng. IVO MILEV

APPLIED GEODESY
Part 1
ENGINEERING GEODESY

Book 3(3.1)
**CONSTRUCTION OF LINEAR OBJECTS,
BUILDINGS, STRUCTURES AND
INSTALLATION OF
TECHNOLOGICAL EQUIPMENT.
PLANS OF BUILT COMPLEX OBJECTS**



Union of Surveyors and Land Managers in Bulgaria
Sofia, 2020

Corr. Mem. Prof. Dr. Eng. GEORGI MILEV
Hon. Prof. Dr. Eng. IVO MILEV

APPLIED GEODESY
Part 1
ENGINEERING SURVEYING

*«Science demands from man his whole life. And if you
would have two lives, they would not be sufficient. Science
requires from one high strain and great passion»*

Acad. Ivan Petrovich Pavlov (1849-1936),
Nobel laureate
<https://psichov.net/pavlov-ivan-petrovich/>

Book 3 (3.1)
**CONSTRUCTION OF LINEAR OBJECTS,
BUILDINGS, FACILITIES AND INSTALLATION
OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT. PLANS OF
THE BUILT COMPLEX SITES**

Union of Surveyors and Land Managers in Bulgaria
Sofia, 2020

Annotation

Book 3, Part 1, Engineering Surveying, Applied Geodesy considers the nature, tasks and role of Engineering Surveying in the **design, tracing, construction and operation of specific types** of engineering objects – linear objects, buildings, facilities and installation of technological equipment, plans and information systems of the built complex sites, etc.

Due to the versatility of the problems treated and the large volume of the matter discussed, exceeding 1000 computer pages, Book 3 is issued as two books – Book 3.1 and Book 3.2.

The specificity of geodetic works in the design and construction of linear objects (roads, railways, main pipelines, etc.) and the facilities along them (bridges, road junctions, tunnels, also metropolitans, etc. – **Book 3.1, without bridges**) are considered, as well as geodetic works related with methods, technologies, tracing and control measurements during the construction and installation of buildings, facilities (dams, sport and civil and high-rise structures, etc.) and installation of machines for various purposes, built independently or in complexes of engineering objects, *as well as hydro melioration objects and corrections of rivers and floods* – **Book 3.2**. Further on the composition of plans is presented for the built objects and the cadastre of communications of the complexes of engineering objects and relevant information systems. The exposition here provides first brief specific information about the essence, construction, requirements and legal basis and features of the various objects. So, among other things, up-to-date engineering information and terminology are used and experts speak the same language, even more so that the problems addressed are interdisciplinary ones.

The book is with an original structure. The exposition is in conformity with the accepted way of presentation in Books 1 and 2 of the authors, with the current regulatory framework and the possibilities afforded by modern digital devices, instruments, systems and technologies. It reflects to a significant extent the views, years of research, teaching experience, involvement in the construction and study of deformations of engineering objects, including such with original spatial design solutions, realized with the participation of the authors.

The book is intended for specialists working on construction (exploration, design, construction, installation) and operation of various engineering objects and complexes of them, as well as for lecturers, PhD students, students in the area of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, etc., and for practitioners in the field of Engineering Surveying, recommendably with the other two books.

We dedicate to: Natalia Ivanova Mileva – wife and mother

The authors

Reviewers:

1. Corr. Member Prof. D.Sc. Dr Arch. Atanas Kovachev,
Assoc. Prof. Dr. Eng. Veneta Kotseva
2. Assoc. Prof. Dr. Eng. Todor Kostadinov
3. Dr Eng. Ivan Kalchev Ivanov

ISBN 978-619-90732-4-7 printed
978-619-90732-5-4 pdf

Preface

The book “**Construction of linear objects, buildings, facilities and installation of technological equipment. Plans of the built complex objects**” is part of the **Applied Geodesy** project of the authors, consisting of three parts: **1. Engineering Surveying, 2. Natural scientific aspect of Geodesy application, 3. Other applications of Geodesy.** The three together treat the versatile application of geodesy.

This is in fact the third book – Book 3 of Part 1. Engineering Surveying, which is issued in the form of **3 books**. Book 1 **Basics, systems and technologies in Engineering Surveying** (498 p.) and Book 2 **Design and implementation of physical and general plans** (330 p.) are already distributed in digital form by the electron bookstore [<http://Biblio.bg>] and in an analog form by the bookstores of UACEG, UMG, SEK bookstore for building literature and others. They were printed in the Avangard Publishing House and are editions of the Union of Surveyors and Land Managers in Bulgaria (Ed. No 978-619-90732).

The reason for the separate publication of this part of the problems of Engineering Surveying as a single book – Book 3 is: the **large volume** of the materials on Engineering Surveying; the **specifics** and thematic distinguishing of the topics; the realized for the first time **differentiation, systematization, generalization and representation** of the modern achievements in this area in the form of **systems, methods and technologies** (a basic, indivisible element and a prerequisite – theoretical and practical, for the subsequent realization also of individual specific engineering objects or a complex of them); the **necessity** of broader presentation of the issues on exploration, design, construction, control and investigation of the deformations of particular objects or complexes of them, due to the fact that many complex specific problems emerge and have to be solved by the surveyors. Unfortunately, there are a few or no examples and detailed generalizations for this in reference literature. However the authors consider that it is very useful to summarize the information and experience in this context and to present it to the surveyors, since the experience in engineering surveying is of extreme importance for solving the problems; the **broad circle of specialists**, working particularly only in this area. Last but not least, its separate publication will make it **much easier accessible** and convenient for use. This is also enhanced by its realization with the modern possibilities of digital publication and use, including with mobile devices.

As already mentioned in the annotation – Book 3 has to be issued in two parts – Book 3.1 and Book 3.2.

At the same time there is planned, immediate and inevitable connection between the matter treated here and its specific implementation and the other two books of 1. Engineering Surveying. The application during construction is implied – the design, tracing and control in the course of the building process and installation of the different types of specific engineering objects and complexes of them. This means that the three books represent a whole, an integral organic entity – Engineering Surveying. Therefore, the numbering of titles, figures and tables, etc., are an indivisible part – an element of 1. Engineering Surveying. This also determines the inclusion of this book further in a unified digital edition as 1. Engineering Surveying. In fact, as already noted, it was initially included as an indivisible part of it. Something that has not been done so far in the world literature in this area.

In the literature devoted to Engineering Surveying there are actually a few complete specialized works, dedicated entirely to Engineering Surveying. However, there are a lot of those dedicated to specific applications of Engineering Surveying. They have found to a great extent their place in the offered work, of course together with the modern legal basis.

In Book 3, as well as in the already issued books – 1 and 2, the **decimal numbering system** is used. Due to the large number of titles and their multiple stages, for the sake of clarity, simplification has been made here by introducing sequentially a four-stage numbering as in our

previously mentioned Books 1 and 2. It consists in introducing the conventional four-stage numbering, applying when necessary, a new additional four-stage numbering in the cases, when it has to be exceeded.

In the third book however, **the individual sections had to be formatted independently** in terms of **numbering** of reference literature, figures, tables and formulas due to the complexity and multifarious nature of continuous numbering. Such a problem actually arises here as with quoting text titles, although not quite often. So, except for the accepted rule for citing from one book to another, for the three books, new moments of citing appear here for quoting from one section to another in Book 3. It is accepted to place the number of the section before the cited number of a figure, table, formula, reference literature. For example, if it is necessary to cite Fig. 56 of section 3.6 – bridges, in some other section, citing in the other section has the form (Fig. 3.6-56, respectively Table 3.6-5, formula 3.6-35, reference literature source [3.6-25]). In this way the identity is ensured.

The authors acknowledge their gratitude to the Union of Surveyors and Land Managers in Bulgaria for issuing the book under its auspices, as well as for the assistance and support rendered for the preparation and realization of the book. We also express our gratitude to the reviewers Corr. Mem. Prof. D.Sc. Dr. Arch. Atanas Kovachev and the co-reviewer Assoc. Prof. Dr. Eng. Veneta Kotseva, to Assoc. Prof. Dr. Eng. Todor Kostadinov and Dr. Eng. Ivan Kalchev Ivanov for the positive reviews of the book. We also thank Assist. Prof. Eng. Ivo Gadzhov for the cooperation in presenting digital road design, Eng. Georgi Lazarov, Eng. Yavor Dimitrov and Eng. Petar Vuchev for the effective cooperation in preparing parts for Hydrotechnical Construction, respectively to Eng. Ivailo Iliev for the gas-distribution pipelines and M.Sc. Econ. Ilian Panchev for the effective collaboration in solving problems with the computer preparation of the book. Our gratitude is also acknowledged in some sections to other colleagues with contribution to the realization of their topics.

Special thanks are due to the unreserved and active cooperation of Eng. Kristina Galabova for preparing the tables, formulas and most of the figures for press, compiling the index, etc., as well as to Svetla Petrova and Eng. Ivanka Koleva for elaborating the title page of the book and to Eng. Ekaterina Krusteva for translating parts of the book to English.

Sofia, December, 2019

The authors

CONTENTS of Book 3.1

3. CONSTRUCTION OF LINEAR OBJECTS, BUILDINGS, FACILITIES AND INSTALLATION OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT. PLANS OF THE BUILT COMPLEX OBJECTS	19
3.1. GEODETIC WORKS IN THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF LINEAR OBJECTS AND THE FACILITIES ALONG THEM	19
3.1.1. Brief characteristics and subdivision of linear objects	19
3.1.2. Generally valid elements and activities in the construction of linear objects	21
3.1.2.1. General	21
3.1.2.2. Geodetic base and activities	22
3.1.3. DESIGN AND TRACING OF LINEAR OBJECTS	23
3.1.3.1. DESIGN AND TRACING OF THE AXES OF LINEAR OBJECTS OUTSIDE BUILT-UP AREAS	23
1. General on design and tracing	23
2. Graphic analytic design, data determination and tracing	24
2.1. Design using conventional methods and technologies	24
2.2. Tracing using conventional methods and technologies	28
3. Digital design and tracing using modern technologies	30
3.1. Digital terrain model (DTM)	30
3.1.1. Definition and essence	30
3.1.2. Data sources for the digital terrain model	32
3.1.3. Classification of data for the digital terrain model composition	33
3.1.4. Methods of composition	34
3.1.5. Analysis, algorithms and software	35
3.1.6. Software systems used for the composition of digital terrain models	37
3.2. Design and determination of the elements for tracing	38
3.2.1. Using the InRoad design system	38
3.2.2. Road design using the Plateia software	39
3.3. Tracing using modern technologies	39
4. Design and tracing of slope channels	40
3.1.3.2. DESIGN AND TRACING OF THE AXES OF LINEAR OBJECTS IN INDUSTRIAL ENTERPRISES, SETTLEMENTS AND OTHER BUILT-UP TERRITORIES	41
1. General on design and tracing	41
2. Tracing of roads and railways	42
3. Tracing of underground communications	43
3.1.4. TRACING AND CONTROL DURING THE CONSTRUCTION OF THE GROUND BASE OF ROADS, RAILWAYS, CHANNELS AND RIVER CORRECTIONS	45
3.1.4.1. Characteristics of the transverse profiles of the objects	45
3.1.4.2. Tracing the elements of the transverse profiles	47
3.1.4.3. Control during construction	48
3.1.5. Software for the design of linear objects	48
3.1.6. References to 3.1.	49
3.2. GEODETIC WORKS IN THE DESIGN, CONSTRUCTION, RECONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF RAILWAY LINES	51
3.2.1. General information about railway lines in Bulgaria and high-speed railway transport	51
3.2.2. Legal basis, classification and elements of the railway lines	54

3.2.2.1. Legal basis	54
3.2.2.2. Classification and elements of the railway lines	54
3.2.2.3. General provisions and requirements during construction and operation of railway lines, their elements and railway infrastructure	56
3.2.3. Design of new railway lines	59
3.2.3.1. Specific features of the design of railway lines as linear objects	59
3.2.3.2. Design of the alignment axis in situation and height plan	60
1. Situation plan	60
2. Curves used in railway lines	61
3. Longitudinal profile	63
4. Transverse profiles	64
3.2.4. Software for design, construction, reconstruction, maintenance and operation of railway lines	66
3.2.4.1. Transgeo OOD	66
3.2.4.2. Technet Rail	69
3.2.4.3. CGS plus	72
3.2.5. Design of reconstruction of existing railway lines	76
3.2.5.1. General	79
3.2.5.2. Parameters of the designed alignments	77
3.2.5.3. Design in difficult terrain conditions	78
3.2.6. Data for the geodetic works during the design of new and reconstruction of existing railway lines	79
3.2.6.1. General information	79
3.2.6.2. Geodetic network of the Rozino-Hr. Danovo railway section	80
1. Reference geodetic network	80
2. Detailed geodetic network	82
3.2.6.3. Modern solutions, systems and technologies in the survey of the rail road and the railway stations	84
1. General for the system	84
2. Data for Mobile railway systems	84
2.1. Swiss trolley complex mobile system	84
2.2. Leica Geosystems SiTrack	87
2.3. Application of the Mobile railway systems	92
3.2.6.4. Geodetic works in the survey of an open road for the development of the project for railway line reconstruction	92
1. General for geodetic works	92
2. Traditional methods and their updating	93
3. Measurements of the natural arc rises	95
4. Angular image	96
5. Graphic representation of the measured arc rises	99
6. Reconstruction of a railway line in situation plan	101
3.2.6.5. Survey of the rail road and railway stations	104
3.2.6.6. 3D laser scanning for railway purposes	107
1. Laser scanning of the Tzar station	107
2. An 18-km segment of the line between Crewe and Chester	108
3. Application during reconstruction of an existing railway line	108
4. Topographic mapping of junction connections between the lines in London	109
5. Implementation of a mobile laser scanner in the SNCF French railways	110
3.2.7. Tracing and control during the construction and reconstruction of railway lines	110
3.2.7.1. Geodetic base, data and tracing of the axis and railway infrastructure	110

3.2.7.2. Tracing of switches, switch connections and switch streets	113
1. Switches	113
2. Tracing of switch connections between two tracks	114
3. Switch streets	115
4. Modern solutions in tracing of switches and stations	117
5. Accuracy in the tracing of stations	118
6. Tracing during doubling and electrification of railway lines	119
3.2.8. Maintenance of railway lines	121
3.2.8.1. General for maintenance	121
3.2.8.2. Design of railway optimization in plan and profile	122
3.2.8.3. Coordination and kilometerage of the design axis of the railway line	123
3.2.8.4. Benchmarking	123
3.2.8.5. Data base and information system	125
1. Data base	125
2. Information system – GIS	126
2.1. General data	126
2.2. Realization of survey, processing and GIS	127
2.2.1. Object of survey	127
2.2.2. Organization of geodetic and aerial survey	128
2.2.3. Preparation for implementing the aerial photo survey	128
2.2.4. Processing of the recorded aerial photo images	129
3.2.9. References to 3.2	132
3.3. GEODETIC WORKS IN THE DESIGN, TRACING, CONSTRUCTION, RECONSTRUCTION, CAPITAL REPAIR AND CONTROL OF ROADS IN BULGARIA	134
3.3.1. Basic provisions	134
3.3.2. LEGAL BASIS, CLASSIFICATION AND ROAD ELEMENTS	134
3.3.2.1. Legal basis	134
3.3.2.2. Road subdivision and classification	135
3.3.2.3. Road elements	136
3.3.2.4. General provisions and requirements for road construction and operation in the regulatory documents	136
1. ROADS ACT	136
1.1. Some basic, specific concepts of the Roads Act	136
1.2. General provisions	138
1.3. Construction, repair, maintenance and management of road infrastructure safety	139
1.4. Expropriation and temporary use of real estates for roads	140
1.5. Financing	141
2. REGULATIONS FOR IMPLEMENTING THE ROADS ACT	140
2.1. Basic elements of the road	140
2.2. Adjacent areas	141
2.3. Road planning, construction and maintenance	141
3. NOTIFIED ORDINANCE FOR ROAD DESIGN	141
3.1. General for the ordinance	141
3.2. General provisions	143
3.3. Road alignment	143
3.4. Road design elements	144
3.4.1. General requirements	144
3.4.2. Situation	145
3.4.3. Longitudinal profile	146

3.4.4. Transverse slopes and expansions	148
3.4.5. Serpentine	149
3.4.6. Spatial design	150
3.5. Road bed	150
3.5.1. Transverse road profile	150
3.5.2. Elements of the road bed	151
3.5.3. Dimensions	151
3.5.4. Safe zone	151
3.5.5. Types of road beds	151
3.5.6. Intersection and positioning of other communications	152
3.6. Road crossings and road junctions	153
3.6.1. General	153
3.6.2. Road crossings	153
3.6.3. Road junctions on two and more levels	154
3.7. Earth body	154
3.8. Scope and content of road investment projects	154
3.9. Geodetic works, digital, text and graphic part of the projects	155
3.9.1. General	155
3.9.2. Feasibility studies for road construction investment projects	156
3.9.3. Preliminary design of road objects	156
3.9.4. Technical project for construction of roads and their facilities	157
3.9.5. Technical project for construction of <u>new</u> road objects	157
3.9.6. Technical project for <u>rehabilitation</u> of existing road objects	159
3.9.7. Detailed spatial plan (DSP) / plot plan	161
3.9.8. Detailed design for <u>construction</u> of roads and their facilities	162
3.9.9. Detailed design for construction of <u>new</u> road objects	163
3.9.10. Detailed design for <u>rehabilitation</u> of existing road objects	165
3.9.11. Principal problems related to the Ordinance and the legal basis	166
4. More obligatory dimensions, data and type elements of roads	167
3.3.3. General information about roads and highways in Bulgaria	169
3.3.4. GEODETIC WORKS IN THE DESIGN OF NEW AND RECONSTRUCTION AND CAPITAL REPAIR OF BUILT ROADS	171
3.3.4.1. Geodetic base for design and tracing	172
1. Reference networks	172
2. Maps and plans	172
3.3.4.2. Design of the road alignment axis in situation and height	172
1. General data	172
2. Situation	173
3. Longitudinal profile	174
4. Transverse profiles	176
3.3.5. Software for design, construction, reconstruction, maintenance and operation of roads	177
3.3.5.1. General on software solutions	177
3.3.5.2. Road design with Plateia and AutoCAD Civil 3D	177
1. Plateia	177
1.1. General information	177
1.2. Road design with Plateia	178
2. AutoCAD Civil 3D	179
3.3.5.3. Generalized sequence and progress of digital road design	181
3.3.5.4. Some geodetic aspects of BIM realization in road rehabilitation	181

1. Essence of BIM	182
2. Configuration and preliminary preparation	183
3. Introducing processed data from geodetic measurements with codes and developing a digital model	184
4. Road alignment optimization	186
5. Developing a terrain profile	189
6. Developing a longitudinal profile	190
7. Developing a type transverse profile	190
8. Developing a theoretical road model	191
9. Calculation of input materials	191
10. Application	192
3.3.6. Specific features of geodetic works in highway construction	192
3.3.6.1. General solutions and geodetic base	192
3.3.6.2. Restoration, re-measurement and re-coordination of points from the detailed geodetic base for the Maritsa highway, Dimitrograd-Harmanli section	194
1. General data	194
2. Detection of existing and restoration of destroyed points of the geodetic base	195
3. Complete re-measurement of the polygon base	195
3.1. GNSS measurements	195
3.2. Geometric leveling	196
4. Calculation for re-coordinating the points of the base	197
4.1. Processing the results of GNSS measurements	197
4.2. Processing the results of geometric leveling	198
5. Registers of points of the geodetic base and leveling benchmarks	198
3.3.7. Tracing in road connection and intersection. Road junctions	198
3.3.8. Tracing the road bed in a curve	206
3.3.9. Tracing and control in asphalt placing	206
3.3.10. Investigating the deformations of the road bed and road surfacing	212
3.3.11. References to 3.3.	214
3.4. DESIGN, TRACING AND CONTROL IN THE CONSTRUCTION OF LINEAR OBJECTS AND THE RELATED FACILITIES OF POWER SUPPLY, COMMUNICATIONS, WATER SUPPLY, SEWERAGE. CABLEWAYS	215
3.4.1. General on power supply	215
3.4.1.1. General	215
3.4.1.2. Energy Sources	
3.4.1.3. Energy transport facilities	215
3.4.1.4. 3.4.1.5. Energy storage facilities	215
3.4.2. ENTERPRISES, SYSTEMS AND TECHNOLOGIES OF POWER SUPPLY	216
3.4.2.1. Oil, mine and other output enterprises	216
3.4.2.2. Refineries	217
3.4.2.3. Thermal power stations	218
3.4.2.4. Nuclear power stations	219
3.4.2.5. Photovoltaic systems	220
3.4.2.6. Wind power systems	220
3.4.3. LINEAR OBJECTS, THEIR FACILITIES AND THE NETWORKS OF POWER SUPPLY, COMMUNICATIONS, WATER SUPPLY AND SEWERAGE	222
3.4.3.1. Systematization of objects	226
1. Electric power transmission	222

2. Pipelines	222
2.1. Oil pipelines	222
2.2. Thermal pipelines	224
2.3. Gas pipelines. Main gas pipelines	224
3. Main water pipelines and sewage collector systems and networks	226
3.4.3.2. Electric power supply network	226
1. General	226
2. Electric power transmission network of Bulgaria	227
3.4.3.3. Gas transmission system and networks	228
1. General data about the Bulgarian gas transmission system	228
2. National gas transmission network	228
3. Transit gas transmission network	229
4. Chiren underground gas storage	229
5. Transborder infrastructural projects	230
6. Infrastructural projects of Bulgartransgaz EAD:	231
6.1. Connections with transmission systems of neighboring countries	231
6.2. Natural gas storage	232
6.3. Extension of the existing gas transmission network	232
6.4. Gas distribution center (hub)	233
3.4.3.4. Communication lines and cables	234
3.4.4. LEGAL BASIS	234
3.4.4.1. Energy law	235
1. General provisions	235
2. Regulation of activities. Licenses. Operators of the transmission network	235
3. Property rights. Building right. Expropriation	235
4. Electric power generation	236
5. Heat supply	237
6. Gas supply	237
7. Additional provisions. Definitions	237
3.4.4.2. Ordinance No 6 of November 25, 2004. On technical rules	239
1. Underwater gas pipelines	239
2. Gas transmission network	239
3. Underground gas pipelines	240
4. Aboveground gas pipelines	240
5. Underground gas storage facilities	240
6. Natural gas	240
7. Underground pipelines for natural gas	241
8. Transitional and final provisions	241
3.4.4.3. Ordinance on the arrangement of electrical appliances	241
1. Aerial electric transmission lines with voltage of up to 1000 V	242
2. Aerial cable lines with voltage exceeding 1000 V	242
3.4.4.4. Ordinance No 17 on the rules for construction of cable telecommunication networks and the facilities thereto of 3.06.2005	243
1. General provisions	243
2. Underground cable telecommunication networks	243
3. Aerial cable telecommunication networks	243
4. Requirements for the construction of telecommunication network facilities	243
5. Network marking	244
3.4.4.5. Water Act	244
3.4.5. DESIGN, TRACING, CONTROL AND DOCUMENTATION OF ELECTRIC	

POWER SUPPLY AND SEWAGE LINEAR OBJECTS	244
3.4.5.1. General provisions	244
3.4.5.2. Design, tracing and control of electric power lines. GIS of the electric power transmission network. Documentation	245
1. General provisions and requirements in the design of electric power lines	245
2. Geodetic base and methods of design	247
3. Graphic design	248
3.1. Design of the alignment in situation	248
3.2. Design of the longitudinal profile of the electric power line	250
4. Digital design	253
4.1. General on digital design and software	253
4.2. Specific software for design of aerial electric power lines	254
4.2.1. ELECTRA	254
4.2.2. Other software	256
5. Tracing, marking and benchmarking of the alignment	256
6. Pillar tracing and control	257
7. Developing a map and GIS for the Bulgarian electric power transmission network	259
7.1. Assignment, survey and processing. Documentation	259
7.1.1. General provisions and data about NEC and the project	259
7.1.2. Current state of the electricity sector	261
7.1.3. Purpose and results	262
7.1.4. Scope of work. Description of the project	262
7.1.5. Implementation of the GIS contract	263
7.1.5.1. Activities	263
7.1.5.2. Results	264
7.2. ESRI GIS for the high voltage electric power transmission network	265
7.3. GIS and low voltage networks	266
7.4. Inspection of power lines	268
3.4.5.3. Design, tracing and control of communication lines and cables	268
1. Design of communication lines and cables. Required plans and tracing of communication lines	268
2. Required plans and tracing of communication lines	269
3. Tracing of cable networks	269
4. Design and construction of cable electronic communication networks	270
4.1. General on networks and their elements	270
4.2. Regulations	271
4.3. Content of the investment project	271
4.4. Construction of cable systems	271
4.4.1. Methods	271
4.4.2. Tracing	272
4.5. Placement of optic cables	272
4.5.1. Requirements for the optic cable	272
4.5.2. Underground installation of cables	272
4.5.3. Placement of cables	273
4.6. Marking of the placed cable	273
3.4.5.4. Design, tracing, control and documentation of axes of pipelines for electric power supply, water supply and sewage	274
1. General provisions and geodetic activities	274
2. Design of the main pipelines	275
2.1. General requirements	275

2.2. Ensuring the necessary digital map and other geodetic base for the design, including new survey. Design	277
2.2.1. General	277
2.2.2. Development of a digital terrain model for the design of the Chiren-Kozloduy-Oryahovo gas pipeline alignment	277
2.2.2.1. Airborne laser scanning	277
2.2.2.2. General characteristics of the object	278
2.2.2.3. Geodetic activities	278
2.2.2.4. Technical parameters of the airborne laser scanning	279
2.2.3. Development of a digital geodetic base for the design of a gas pipeline between the towns of Silistra and Dobrich	280
2.3. Detailed design	281
2.4. Tracing, control and documentation of main pipelines	283
2.5. Using software in the geodetic works for the individual stages of main gas pipeline construction	283
2.6. Bulgaria – Greece gas interconnection	288
3. Design, tracing and documentation of distribution gas pipelines and networks	290
4. Design, tracing and documentation of main water pipelines, sewage collectors and networks	294
4.1. General	294
4.2. Construction of mineral water pipeline from a well near the mineral bath in the Barzia village to the mineral bath in the town of Berkovitsa	294
4.2.1. Scope of the project	295
4.2.2. Scope of the construction and assembly works on the building site	295
4.3. Pressure-head pipeline from the Orehovitsa village to the town of Trastenik	296
5. Tracing and control in the construction of underground infrastructure, related to electric power supply, communications, water supply and sewage	297
6. Tracing and mounting of energy objects on columns	396
3.4.6. CABLEWAYS	303
3.4.6.1. General information and requirements for cableways	303
3.4.6.2. Legal basis for cableways	308
1. Ordinance on safe operation and technical surveillance of cableways	308
1.1. General provisions	308
1.2. Requirements for new cableways	309
1.3. Technical surveillance. General	309
2. Ordinance on essential cableway requirements for transport of people and estimation of the conformity of safety devices and subsystems	310
2.1. General	310
3. Design, tracing, control and documentation of hanging cableways	310
3.1. Feasibility studies and justification. Basic elements of a cableway	310
3.2. Geodetic base and cableway design	311
3.3. Detailed design of the longitudinal profile	313
3.4. Requirements for the accuracy of the geodetic works	315
3.5. Tracing of cableways	315
3.6. Geodetic survey and control of existing cableways, maintenance, reconstruction and operation. Examples of new and existing cableways	316
3.6.1. Basic principles	316
3.6.2. Rilski Ezera chair lift	317
3.6.2.1. Technical characteristics	317

3.6.2.2. Establishment of the design axis, project, geodetic base, tracing and control	318
3.6.2.3. Survey of the built position of the cableway	323
3.4.7. References to 3.4	324
3.5. GEODETIC WORKS RELATED TO THE CONSTRUCTION OF TUNNELS AND METROPOLITANS	329
3.5.1. BRIEF INFORMATION ABOUT TUNNELS AND METROPOLITANS	329
3.5.1.1. General	329
3.5.1.2. TUNNELS	329
3.5.1.3. METROPOLITANS	334
1. Main principles	334
2. Sofia Metropolitan	336
3.5.1.4. Basic data and requirements for the design and construction of tunnels and metropolitans	339
1. Road and railway tunnels	339
1.1. General on the design of road and railway tunnels	339
1.2. Design of the situation and longitudinal profile	341
2. Data and requirements for the metropolitans	341
2.1. Requirements for the alignment axis and the stations in plan and profile	341
2.2. Metro tunnel gauges	342
2.3. Superstructure of the railway	342
2.4. Metro stations, tunnels and other facilities	342
3.5.1.5. Technologies and methods applied in the construction of the Sofia Metropolitan	345
1. Open method	345
2. Milan method	347
3. Shield method	349
4. New Austrian tunneling method	350
5. Modified Austrian tunneling method	351
6. Technology and organization in the construction of the central section of the third metro diameter of Sofia Metropolitan	351
6.1. General information on the conditions and technology	351
6.2. Appropriate technology	352
6.3. Scheme of the operation of the tunneling boring machine	353
6.4. Preliminary construction works	354
3.5.1.6. Legal basis	354
3.5.2. GEODETIC WORKS IN THE DESIGN, TRACING, CONSTRUCTION AND CONTROL OF TUNNELS	355
3.5.2.1. General	355
3.5.2.2. Topographic and geodetic base for the tunnels	356
1. Topographic base – maps and plans for the design	356
2. Geodetic base – geodetic networks	357
2.1. Types of geodetic networks	357
2.2. Design and construction of the geodetic reference network	358
3. Tracing and orientation of tunnels	359
3.1. General on tracing and orientation	359
3.2. Methods for tunnel tracing and orientation	360
3.3. Development of projects and tracing and orientation of the tunnel axis	360
3.4. Orientation of a tunnel through a vertical shaft using plumbs	365
3.4.1. Orientation by means of plumbs and a connecting triangle	365
3.4.2. Orientation with the help of a ruler	367
3.4.3. Optical and laser plumbing	367

3.5. Orientation of a tunnel through two vertical shafts	368
3.6. Other orientation methods	369
3.7. Transfer of the elevation from the surface to the tunnel	370
4. Underground geodetic network. Tracing and control	378
4.1. Realization of the network and tracing and control	378
4.2. Precise management and control of tunnel boring machines	380
4.3. Tracing and control in railway construction	382
4.4. Tunnel gauge measurement	383
5. Tracing of hydrotechnical tunnels with high slopes during construction – adits	383
6. Issuing acts, protocols and schemes for tracing and control in tunnel construction	381
3.5.3. GEODETIC PART IN THE DESIGN, TRACING, CONSTRUCTION	
AND CONTROL OF METROPOLITANS	381
3.5.3.1. Geodetic problems solved in Sofia Metropolitan	381
3.5.3.2. Topographic base for digital maps, plans and other data	382
3.5.3.3. Digital model of the metropolitan project	396
1. Digital model of the alignment and longitudinal profile	396
3.5.3.4. GEODETIC NETWORKS IN SOFIA METROPOLITAN	389
1. General provisions and type of geodetic networks	389
1.1. General provisions	389
1.2. Triangulation networks on the territory of Sofia City	390
1.3. Leveling networks on the territory of Sofia City	392
1.4. Basic tasks to be solved using the reference geodetic networks and requirements for the metro construction, installation and operation	393
1.5. Preliminary assessment of reference networks	394
1.6. Possibilities of using the existing and appropriate new reference networks in the metro area	395
1.7. Considerations for the type of new geodetic networks	396
1.8. Geodetic reference network covering the general metro scheme	397
1.9. Variants of precise networks along the different metro diameters	397
1.10. Model studies of geodetic network variants	400
1.10.1. Design of research	400
1.10.2. Calculations	401
1.10.3. Conclusions, proposals and inferences	401
1.10.4. Recommendations	401
1.11. Other possible variant solutions	402
1.12. Summary	403
2. Implemented geodetic networks in the different metro diameters	403
2.1. NETWORK OF THE FIRST METRO DIAMETER	403
2.1.1. Network of half-diameter 1 of the first metro diameter	403
2.1.2. Networks of half-diameter 2 of the first metro diameter	405
2.1.2.1. GNSS network from Serdika metro station to Mladost 1 quarter	405
1. General data	405
2. Selecting a method for network development	405
3. Network design	406
4. Data for the GPS network and the measurements	406
5. Project realization	407
5.1. Stabilization of points	407
5.2. GPS devices and measurements	407
5.3. Processing of measurements	408

5.3.1. Software	408
5.3.2. Vector calculation	409
5.3.3. Network adjustment	409
5.4. Transformation of coordinates in Sofia coordinate system	409
5.5. Final results	410
5.5.1. Vectors	410
5.5.2. Locking closed figures	411
5.5.3. Transformation of coordinates in Sofia coordinate system	412
5.5.4. Heights	413
6. Conclusions	413
2.1.2.2. Geodetic network for the construction of the extension and investigation of the horizontal deformations of Sofia metro from Station 7 (Serdika) to Station 9 (Vasil Levski stadium)	413
1. General	414
2. Stabilization of points	416
3. Measurement	418
4. Coordination of the points from the Reference geodetic network	418
5. Project for the angle-distance geodetic network	419
6. Stabilization of points of the angle-distance geodetic network	419
7. Measurement of the angle-distance geodetic network	420
8. Calculation of the point coordinates of the angle-distance geodetic network	420
9. Data and materials to be submitted by the contractor to the investor	421
2.2. NETWORK OF THE SECOND METRO DIAMETER	421
2.2.1. General	421
2.2.2. GNSS reference geodetic network	421
2.2.2.1. General information	421
2.2.2.2. Stabilization of points from the reference network	423
2.2.2.3. Description of the points, included in the project	423
2.2.2.4. Measurement	223
2.2.2.5. Definition of a local Sofia coordinate system	424
2.2.2.6. Adjustment of the reference network	424
2.2.2.7. Evaluation of the GNSS reference geodetic network (RGN GNSS) of the second metro diameter of Sofia metro	425
2.2.3. Precise angle-distance geodetic network of diameter 2 of the Sofia Metropolitan	427
2.2.3.1. General information	427
2.2.3.2. Stabilization of points from the precise network	428
2.2.3.3. Description of the point places and measurement of points from the precise geodetic network	428
2.2.3.4. Adjustment of the precise angle-distance network	429
2.2.4. Precise height geodetic network of diameter 2 of Sofia Metropolitan	430
2.2.4.1. General information for the leveling network	430
2.2.4.2. Stabilization of benchmarks	431
2.2.4.3. Measurement	431
2.2.4.4. Processing the results of leveling measurements of precise leveling networks	431
2.2.5. Precise geodetic network of diameter 2 of Sofia Metropolitan – extension after James Bourchier metro station	432
2.2.5.1. General information	432
1. GNSS reference network	432
1.1. Stabilization	434
1.2. Measurement and calculation	434

1.3. Adjustment and transformation of the reference geodetic network	435
2. Precise angle-distance geodetic network	435
2.1. Measurement of the precise angle-distance geodetic network	436
2.2. Adjustment of the precise angle-distance geodetic network	438
2.3. Adjustment of the precise leveling network	438
2.3. NETWORK OF THE THIRD METRO DIAMETER	438
2.3.1. General data	438
2.3.2. Project implementation	439
2.3.2.1. Stabilization, numbering and designation of points	439
2.3.2.2. Reference geodetic network GNSS1	440
1. General data for the network	440
2. Measurement and calculation of GNSS1	441
3. Measurement and transformation of GNSS1	441
2.3.2.3. Reference geodetic network GNSS2	441
1. General data for the network	441
2. Measurement	442
3. Adjustment and transformation of the GNSS2 Reference geodetic network	442
4. Precise angle-distance and height geodetic network	442
4.1. Data, measurement and adjustment of the precise angle-distance network	442
4.2. Measurement and adjustment of the precise height geodetic network	442
2.4. Geodetic networks for the extension and branching of the metro alignments	443
3.5.3.5. TRACING AND CONTROL PROJECTS	444
1. Composing relevant projects for tracing and control	444
2. Project for study of metropolitan deformations	444
3.5.3.6. TRACING AND CONTROL IN THE METROPOLITAN CONSTRUCTION	445
1. General	445
2. Tracing and control for the different methods of tunneling	445
2.1. Tracing and control in the open method of cutting – foundation pit	445
2.2. Tracing and control in the Milan method by means of spline walls	447
2.3. Tracing and control in the new and modified Austrian method	450
2.3.1. General information	450
2.3.2. Precise geodetic network of the surface	451
2.3.3. Tracing and control	451
2.4. Tracing and control in the shield method of tunneling and in the construction of the metro structure	453
2.4.1. General data	453
2.4.2. Tracing and control in driving the tunnel drilling machine	454
2.4.3. Tracing and control of the progress of the tunnel drilling machine in the first diameter of Sofia Metropolitan	454
2.4.3.1. Robotized geodetic system	454
2.4.3.2. Control of the robotized system	456
2.4.3.3. Coordination and orientation of the metro tunnels	458
2.4.3.4. Geodetic network in the metro tunnel	458
2.4.3.5. Conclusions	459
2.4.4. Tracing and control of the progress of the tunnel drilling machine in the third diameter of Sofia Metropolitan	460
2.4.4.1. General information	460
2.4.4.2. Navigation system of the tunnel drilling machine	460
2.4.4.3. Operation of the system	461
2.4.4.4. Geodetic control	463

3. Tracing and control in the construction of the rail track. Realization of the project for the alignment and profile	466
4. Tracing and control in aboveground and trestle construction of the metro	466
5. Geodetic works in rearrangement of urban infrastructure in the section of metro construction	468
3.5.4. STUDY OF DEFORMATIONS IN TUNNELS AND METROPOLITANS	468
3.5.4.1. General on the study of deformations in tunnels and metros	468
3.5.4.2. Study of deformations at the surface and in the tunnel	468
1. Radar interferometry for settlement investigation in tunnels and metros	468
2.1. Settlement investigation in a tunnel in Dusseldorf, Germany	468
2.2. Settlement investigation in Budapest metro, Hungary	469
3.5.4.3. Investigation of deformations inside the tunnel	469
3.5.4.4. INVESTIGATION OF DEFORMATIONS IN SOFIA METRO	470
1. General	470
2. Investigation of deformations of the metro and buildings in a section of half0diameter 2 of the first metro diameter	470
2.1. General and project for investigation of deformations	470
2.2. Precise leveling network for the metro construction and the studied objects	473
2.3. Stabilization	475
2.4. Measurement	475
2.5. Processing of results from network measurement	476
2.5.1. Joint adjustment of the entire network	476
2.5.2. Network adjustment by groups to determine vertical displacements of buildings	477
2.6. Determination of inclinations of buildings with 5 and more storeys	477
2.7. Inspection of the state of buildings before, during and after construction, based on geodetic measurements	479
3. Investigation of deformations of the metro tunnel and objects on the surface in the section of the second metro diameter after the James Bourchier station	479
3.1. General on the investigation	479
3.2. Investigation of deformations inside the tunnel	480
3.3. Investigation of deformations on the terrain and of the objects above the tunnel	481
3.4. Reference geodetic network and measurements to determine vertical displacements of the terrain, buildings and other objects above the metro tunnel alignment	482
3.4.1. Project and realization	482
3.4.2. Investigation of terrain settlements above the tunnel	484
3.5. Method, processing and program of measurements	485
4. Investigation of deformations of objects from the third metro diameter	486
5. Investigation of metro tunnel gauges	487
3.5.4.5. Automated deformation testing system of London metro	487
1. Total for the subway and the project	487
2. Measurement and processing system	489
3.5.5. Geodetic survey, documentation and information system of tunnels and of Sofia Metropolitan	491
3.5.6. References to 3.5.	497
Index	491
Applied geodesy	504



Cor. Mem. Prof. Dr. Eng. Georgi Milev. Graduate of the University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy (UACEG), Sofia (1956). In 1960 – Research Associate in the Bulgarian Academy of Sciences (BAS). In 1976 – Associate Professor, 1985 – Professor, 2008 – Cor. Mem. of BAS. Since 1988 – Cor. Mem. of the Bavarian Academy of Sciences, Germany. In 1973 – defended a PhD thesis in the Stuttgart University. Since 2001 – lectures to the students on Geodesy and Engineering Geodesy in UACEG, German lingual education.

The scope of his diverse and efficient activities is significant – scientific, applied research, scientific-organizational, educational, international, promotional, publishing, inventive, expert, scientific managerial and

implementation. Basically these activities were carried out in BAS, the Federation of Scientific Technical Unions in Bulgaria (FSTUB), the Union of Scientists in Bulgaria, UACEG and other institutions in Bulgaria and in international organizations and projects, mostly on an interdisciplinary ground.

The scientific activity of Prof. Milev covers both aspects of geodesy – natural and engineering. The number of his publications exceeds 580, of them 16 monographs, 9 studies, 5 textbooks, 26 editing and publishing of scientific proceedings, 120 scientific papers, 243 scientific reports, etc. He was awarded by Stuttgart University for high scientific achievements of his thesis (1973).

Prof. Milev is honorary member of the International Federation of Surveyors (FIG), FSTUB and others. He had been a chairman of the Union of Surveyors and Land Managers in Bulgaria since 1990 for 24 years and later – its honorary chairman. He is Editor in chief of the Geodesy, Cartography and Land Management magazine since 1997. Member of BAS. Space research and Technology Institut.



Hon. Prof. Dr. Eng. Ivo Milev graduated geodesy and mine surveying at the University of Mining and Geology, Sofia in 1991. He defended his PhD thesis in 2000 at the Technical University, Berlin – direction Construction and Geodesy.

He works in both aspects of geodesy – engineering and natural, but mainly in the area of Applied Geodesy – Engineering Surveying. This includes primarily the development of theory, software and application of adjustment – processing the results of geodetic measurements; GNSS – theory, software and application, alone and combined with data from other measurements; theory and software and application in the study of deformations of engineering objects – buildings and facilities, and the terrains for their situation; modern techniques of measurement – electronic tachometry, laser scanning and others, development, software

and application. Special attention is paid to transport objects, particularly to railroad parameters. He has registered two patents associated with his name in implementing the system of the Leica Concern Geosystems.

He was: expert of UN – OOSA on reference systems; member of the Steering Committee of EUPOS (European Positioning Determination System); chairman of Working Group Private Services RTCM SC 104 (Radio Technical Commission for Maritime Services); guest professor at Beuth University of Applied Sciences in Berlin, East Kazakhstan Technical University, State Technical University of Kazakhstan and Siberian State Geodetic Academy.

Prof. Ivo Milev is a member of Working Group 4 Engineering Surveying of the Union of German Surveyors; Chairman of Commission 6 Engineering Geodesy of the International Federation of Surveyors for the period 2013-2017. He is an Executive Director of technet-rail GmbH. He is Honorary Prof. of the Siberian State Geodetic Academy, Russia and of the Technical University of Dresden, Germany.



Чл.-кор. проф. д-р инж. Георги Милев. Завършва Геодезия в Университета по архитектура, строителство и геодезия (УАСГ) през 1956 г, София. От 1960 г. е научен сътрудник в БАН. 1976 е доцент, 1985 – професор и 2008 – чл.-кор. на БАН, а 1988 е чл.-кор. на Баварската академия на науките, Германия. Защищава докторска дисертация в Щутгарския университет, през 1973 г. От 2001 г. до 2016 г. изнася лекции по Геодезия и Инженерна геодезия на студентите от УАСГ – немско езично обучение.

Има значителна, разностранна и резултатна научна, научно-приложна, научно-организационна, педагогическа, международна, популяризаторска, издателска, изобретателска, експертна, научно-ръководна и внедрителска дейност.

Основно тя е извършвана в БАН, Федерация на научно-техническите съюзи (ФНТС), Съюз на учените в България, УАСГ и др. институции у нас и в международни организации и проекти, предимно на интердисциплинарна основа.

Научната му дейност покрива двата аспекта на Геодезията – природонаучен и инженерен. Има над 580 публикации, от които: монографии 16; студии – 9; учебници 5; редактиране и издаване на научни сборници – 27; научни статии - 120; научни доклади – 243 и др. Носител е на наградата на университет Щутгарт – за високи научни постижения в неговата дисертация (1973 г.).

Почетен член е на Международната федерация на геодезистите, на ФНТС и др. Председател е на Съюза на геодезистите и земеустроителите в България от 1990 г. в продължение на 24 г., след което е негов почетен председател. Главен редактор е на сп. “Геодезия, картография, земеустройство” от 1997 г. Член е на БАН, и е в Институт за космически изследвания и технологии.



Почетен проф. д-р инж. Иво Милев завършва геодезия и маркшайдерство в Минно геоложки университет, София, през 1991 г. Защищава дисертация през 2000 г. в Техническия университет Берлин – направление Строителство и геодезия.

Работи в двата основни аспекта на геодезията – инженерен и природонаучен, но предимно в Приложната геодезия – Инженерна геодезия. Основно това е развитие на теория, софтуер и приложение на изравнението – Обработка на резултатите от геодезическите измервания; GNSS – теория, софтуер и приложение, самостоятелно и комбинирано с данни от други измервания; теория и, софтуер и приложение при изследване на деформации на инженерни обекти – сгради, съоръжения и терените в които те се разполагат; съвременна техника на измерване – електронна тахиметрия, лазерно

сканиране и др. – развитие, софтуер и приложение. Особено внимание е отделил на транспортните обекти и по-точно на параметрите на релсовия път. Има регистрирани два патента, свързан с неговото име при реализиране на системата от концерн Лайка Геосистемс.

Бил е: експерт на ООН – OOSA по референтните системи; член на ръководния комитет на EUPOS (EUropean Positioning Determination System); председател на работна група Private Services RTCM SC 104 (Radio Technical Commission for Maritime Services); гост проф. в Beuth Университета за приложни науки в Берлин; Източен Казахстански технически университет; Държавен технически университет на Казахстан, както и Сибирската държавна геодезическа Академия.

Член е на Работна група 4 „Инженерна геодезия“ на Съюз на германските геодезисти; Председател е на комисия 6 Инженерна геодезия на Международната федерация на геодезистите (International Federation of Surveyors) през периода 2013-2017 г. Изпълнителен директор е на technet-rail GmbH. Почетен професор е на Сибирската държавна геодезическа академия, Русия, и на Техническия университет в Дрезден, Германия.