

ИРИСОВ В. С., КАЛАЕВ В. П., КИСЛЯКОВА Ю. Г., НОВИКОВ М. Ю.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
АНТЕННО-МАЧТОВОГО СООРУЖЕНИЯ СПОСОБОМ НАПРАВЛЕНИЙ

Аннотация. В работе перечислены методы определения крена высотных сооружений. Обоснована важность проведения мероприятий по определению геометрических параметров антенно-мачтовых сооружений. В частности, исследован и определен крен башни высотой 60 м, расположенной в с. Юкаменское Удмуртской Республики.

Ключевые слова: крен, антенно-мачтовое сооружение, деформация, устойчивость конструкции, теодолит, тахеометр.

IRISOV V. S., KALAEV V. P., KISLYAKOVA YU. G., NOVIKOV M. YU.
DETERMINING GEOMETRIC PARAMETERS
OF ANTENNA-MAST STRUCTURE BY THE METHOD OF DIRECTIONS

Abstract. The article considers the methods for measuring the roll of high-rise structures. The importance of carrying out measures to determine the geometric parameters of antenna-mast structures is substantiated. Particularly, the roll of 60 m tower located in the village of Yukamenskoye of the Udmurt Republic was measured and determined.

Keywords: roll, antenna-mast structure, deformation, structural stability, theodolite, total station.

Из года в год ученые активно трудятся над усовершенствованием существующих и созданием новых технологий не только в производстве топографо-геодезических работ [7], но и в области мобильных технологий, чтобы связь была максимально быстрой и качественной. Начиная с 2000-ых годов, в России интенсивно развивается система сотовой радиотелефонной связи. В нынешних реалиях XXI века уже невозможно представить жизнь современного человека без сотовой связи и мобильного интернета. А в свете последних событий, когда активно развивается дистанционный формат работы и обучения, спрос на услуги связи только вырос, укрепив ее значимость на рынке [6].

Одним из главных составляющих данной отрасли является поступательное развитие сети, сопровождаемое как строительством новых вышек, так и модернизацией уже существующих базовых станций. В первом случае операторам и строительным компаниям оказывается поддержка со стороны государства по федеральной программе «Устранение цифрового неравенства», рассчитанной на обеспечение доступом к мобильной связи и высокоскоростному интернету жителей отдаленных и малонаселенных территорий страны [1]. Во втором случае решается проблема устранения устаревших технологий связи

за счет совершенствования установленного на них оборудования, что влечет за собой, в большинстве случаев, увеличение его количества и, как следствие, ветровой нагрузки и общего веса на конструкцию антенно-мачтового сооружения. Это, в свою очередь, может приводить к изменению положения башенного сооружения в пространстве с превышением установленного допуска.

Однако причиной деформации могут быть не только увеличение веса и ветровой нагрузки, но и другие факторы, часть из них могут меняться во времени. К ним можно отнести форму, размеры, жесткость фундамента, подвижки земной поверхности, оползни, обвалы, просадки, изменение гидротермических условий, влажность, уровень грунтовых вод и др. [5].

Крен является наиболее характерным показателем совместной деформации сооружения башенного типа и его основания. В таких конструкциях крен может еще больше увеличить момент, что может поставить под угрозу устойчивость конструкции.

Поэтому в проектах башенных сооружений предусматриваются не только наблюдения за осадками оснований и фундаментов, но и измерение кренов как в процессе нового строительства, так и в процессе эксплуатации [4]. По результатам таких измерений, при необходимости, могут разрабатываться профилактические меры для устранения увеличения крена и сохранения пригодности сооружения.

Существует огромное количество способов определения крена башенных сооружений: способ координат; способ направлений (горизонтальных углов); способ малых углов; способ вертикального проектирования; способ зенитных расстояний; способ высокоточного нивелирования; способ направления с одного пункта; стереофотограмметрический способ. С появлением ГЛОНАСС/GPS стали появляться способы определения крена с помощью GPS-приемников и электронных тахеометров [8]. При этом важное значение имеет определение зон покрытия территории поправками от постоянно действующих станций ГЛОНАСС/GPS [2].

В данном исследовании расчет значения крена башенного сооружения был выполнен способом направлений, изложенным в [9]. На полевом этапе выполнения данной работы применялся теодолит VEGA Тео-5В.

В качестве исходных данных для проведения исследования были использованы результаты геодезических работ, выполненных 16 декабря 2021 г. при проверке проектного положения ствола башни высотой 60,0 м, расположенной с. Юкаменское Удмуртской Республики.

Существующая башня представляет собой пространственную четырехгранную стержневую конструкцию, пирамидальную – с отметки 0,00 до отметки 40,00 м,

призматическую – с отметки 40,00 м до отметки 60,00 м, состоящую из ствола, площадок, лестниц и вертикального кабельного моста – кабельроста. Ствол башни поделен на 7 секций по 8 м и одну – длиной 4 м. Радиобашня в плане представляет с собой квадратное сечение.

Погода во время проведения геодезических работ была пасмурная, без сильного ветра. Определение крена башенного сооружения с помощью теодолита осуществлялось с двух примерно перпендикулярных друг к другу станций 1 и 2 (ст. 1 и ст. 2), удаленных от центра башенного сооружения на расстоянии не менее ее высоты (см. рис. 1).

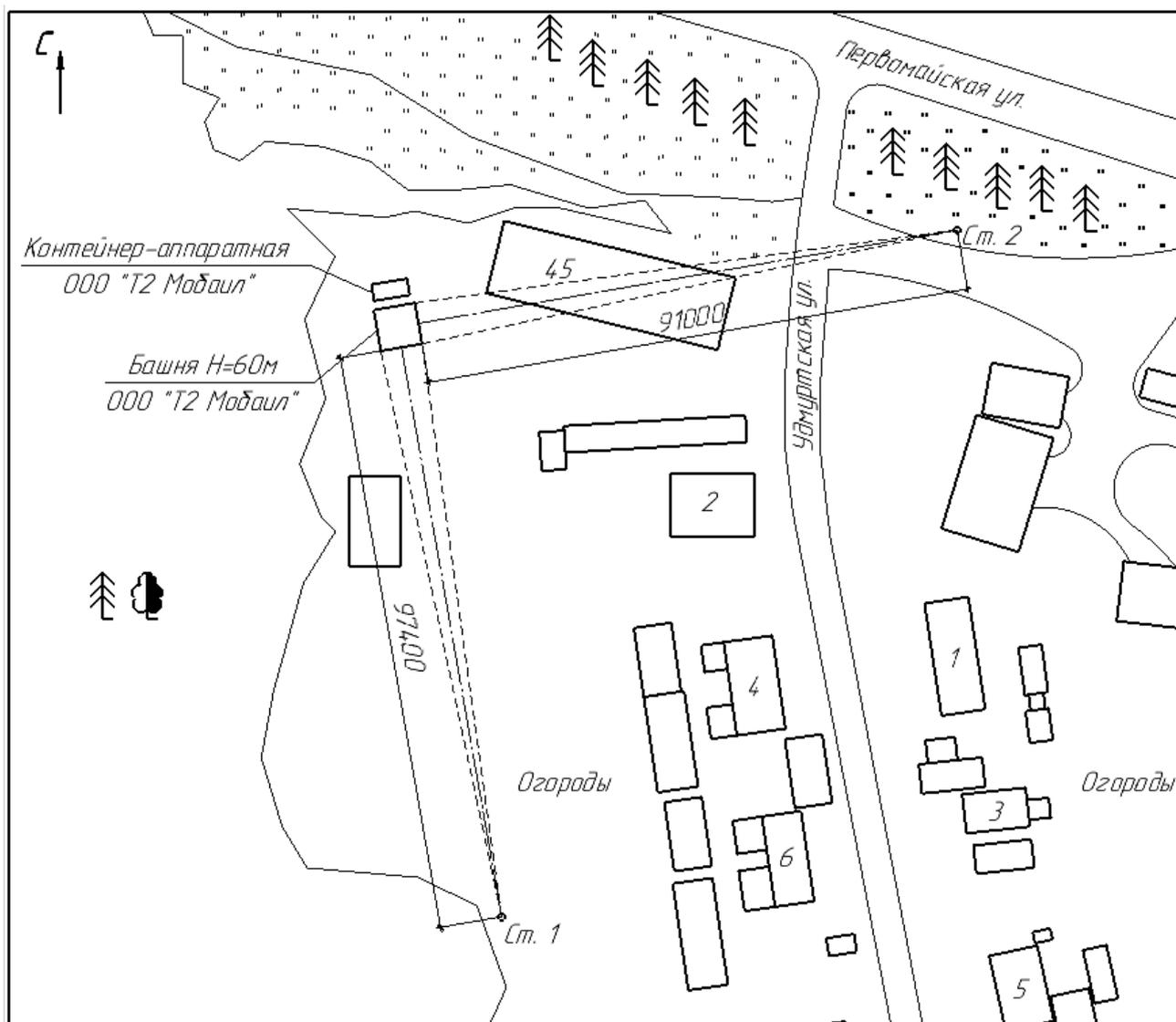


Рис. 1. План геодезических работ.

В результате проведенных угловых измерений были получены значения отклонений от вертикальной оси ствола башни на разных уровненых отметках. В таблице 1 представлены значения относительно станции 1, а в таблице 2 – относительно станции 2.

Таблица 1

Журнал угловых измерений со станции 1 и расчет отклонений ствола башни от вертикальной оси

Отметка стыка секций, м	Круг теод.	Угол левый пояс				Угол правый пояс				γ ось, °	Откл., °	Откл., рад	Откл. ст. №1, мм	Абс. откл., мм
		°	'	"	γ1, °	°	'	"	γ2, °					
61,70	лев.	122	34	21	122,57	123	41	9	123,69	123,13	0,34	0,006	585	593
	прав.	302	34	44	302,58	303	41	46	303,70	303,14	0,35	0,006		
48,00	лев.	122	28	48	122,48	123	36	47	123,61	123,05	0,26	0,005	445	453
	прав.	302	29	23	302,49	303	37	15	303,62	303,06	0,26	0,005		
40,00	лев.	122	25	14	122,42	123	32	37	123,54	122,98	0,19	0,003	333	339
	прав.	302	25	32	302,43	303	33	6	303,55	302,99	0,20	0,003		
32,60	лев.	122	8	13	122,14	123	44	27	123,74	122,94	0,15	0,003	260	262
	прав.	302	8	2	302,13	303	45	22	303,76	302,95	0,15	0,003		
24,60	лев.	121	48	25	121,81	123	57	37	123,96	122,88	0,10	0,002	163	164
	прав.	301	48	26	301,81	303	57	56	303,97	302,89	0,10	0,002		
16,60	лев.	121	29	4	121,48	124	11	12	124,19	122,84	0,05	0,001	85	85
	прав.	301	29	16	301,49	304	11	50	304,20	302,84	0,05	0,001		
8,60	лев.	121	9	49	121,16	124	24	42	124,41	122,79	0,00	0,000	0	0
	прав.	301	9	56	301,17	304	24	57	304,42	302,79	0,00	0,000		
0,00	лев.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	прав.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Таблица 2

Журнал угловых измерений со станции 2 и расчет отклонений от вертикальной оси ствола башни

Отметка стыка секций, м	Круг теод.	Угол левый пояс				Угол правый пояс				γ ось, °	Откл., °	Откл., рад	Откл. ст. №2, мм	Абс. откл., мм
		°	'	"	γ1, °	°	'	"	γ2, °					
61,70	лев.	125	21	26	125,36	126	33	27	126,56	125,96	0,06	0,001	96	593
	прав.	305	22	1	305,37	306	33	4	306,55	305,96	0,06	0,001		
48,00	лев.	125	20	55	125,35	126	33	5	126,55	125,95	0,05	0,001	86	453
	прав.	305	21	7	305,35	306	33	21	306,56	305,95	0,05	0,001		
40,00	лев.	125	19	46	125,33	126	32	25	126,54	125,93	0,04	0,001	60	339
	прав.	305	19	47	305,33	306	32	36	306,54	305,94	0,04	0,001		
32,60	лев.	125	3	16	125,05	126	46	48	126,78	125,92	0,02	0,000	33	262
	прав.	305	3	24	305,06	306	46	56	306,78	305,92	0,02	0,000		
24,60	лев.	124	45	8	124,75	127	3	55	127,07	125,91	0,01	0,000	20	164
	прав.	304	45	15	304,75	307	4	9	307,07	305,91	0,01	0,000		
16,60	лев.	124	27	17	124,45	127	20	19	127,34	125,90	0,00	0,000	0	85
	прав.	304	27	10	304,45	307	20	43	307,35	305,90	0,00	0,000		
8,60	лев.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	прав.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0,00	лев.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	прав.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Анализируя журналы угловых измерений, можно установить, что значения отклонений от вертикальной оси ствола башни не соответствуют допустимым значениям, и самое большое значение абсолютного отклонения составляет 593 мм на отметке + 61,7 м.

Далее на основании полученных данных были составлены схемы вертикальности ствола башни относительно станции 1, станции 2 и общее (абсолютное) отклонение. По горизонтальной оси были отложены значения отклонений в мм, а по вертикальной – значения высот в метрах (см. рис. 2–3).

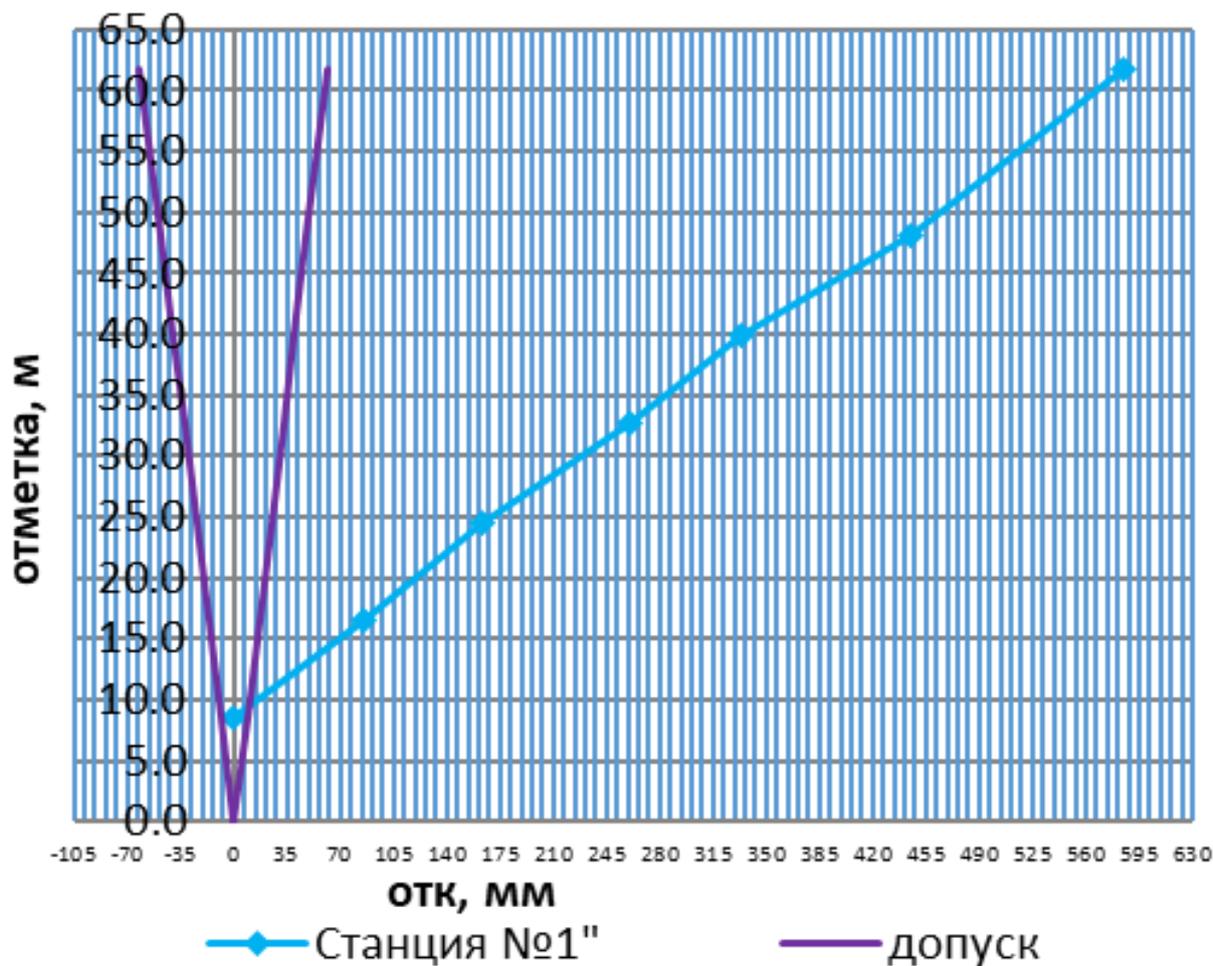


Рис. 2. Схема вертикальности ствола башни относительно станции 1.

Приведенные схемы вертикальности (см. рис. 2-3) дают наглядную картину отклонения ствола башни от допустимых значений.

Результаты, полученные в ходе выполнения геодезических работ, дают возможность оценить безопасность дальнейшей эксплуатации высотного сооружения, служат информационной базой для составления расчетной схемы в вычислительных комплексах на несущую способность, а в дальнейшем могут использоваться при разработке проекта по усилению конструкции.

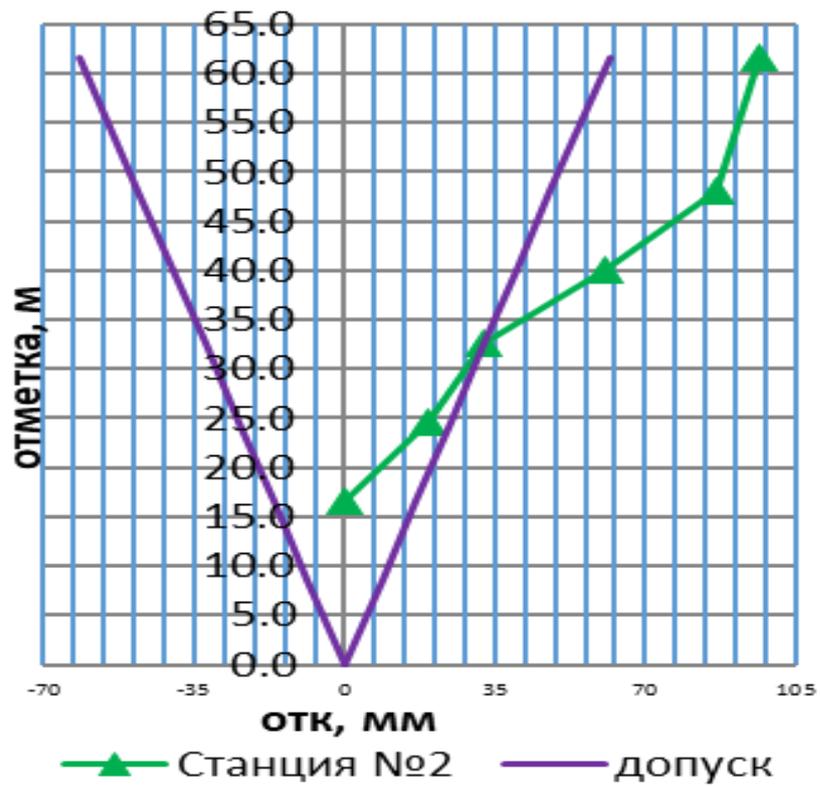


Рис. 3. Схема вертикальности ствола башни относительно станции 2.

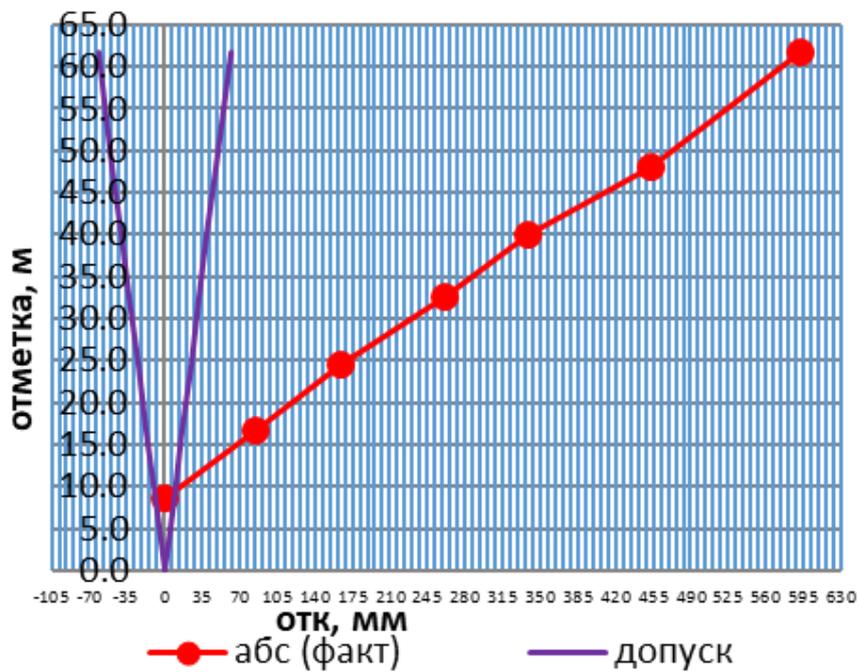


Рис. 4. Схема вертикальности ствола башни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В России начался второй этап устранения цифрового неравенства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/events/40814/> (дата обращения: 18.02.2024).
2. Варфоломеев А. Ф., Коваленко А. К., Коваленко Е. А., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Геоинформационные технологии в // Материалы Международ. конф. «ИнтерКарто/ИнтерГИС». – 2015. – Т. 21 (1). – С. 522–528.
3. Варфоломеев А. Ф., Шадрин К. А. Геодезический контроль геометрических параметров антенно-мачтовых сооружений [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2015. – № 24. – Режим доступа: <https://journal.mrsu.ru/arts/geodezicheskiy-kontrol-geometricheskix-parametrov-antenna-machtovyx-sooruzhenij> (дата обращения: 18.02.2024).
4. Манухов В. Ф. Совершенствование методов топографических съемок и инженерно-геодезических работ с использованием современных технологий // Вестник Мордов. университета. – 2008. – № 1. – С. 105–108.
5. Марфенко С. В. Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений: учеб. пособие. – М.: МИИГАиК, 2004. – 36 с.
6. Новиков М. Ю., Канаков И. Д., Тарануха Н. Л. Механизм взаимодействия государства и предпринимательских структур в области строительства антенно-мачтовых сооружений сотовой связи на малонаселенных территориях с целью устранения цифрового неравенства // Экономика и управление: тенденции и перспективы: материалы III Межвузовской ежегодной научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 1-2 марта 2022 г.). – СПб.: СПбГАСУ, 2022. – С. 257–265.
7. Тесленок С. А., Романов А. В. Новые технологии в производстве топографо-геодезических работ // Общество. – 2014. – № 2 (2). – С. 78–81.
8. Уставич Г. А. Определение крена сооружений башенного типа GPS-приемниками и тахеометрами // Геодезия и картография. – 2003. – № 9. – С. 15–18.
9. Шеховцов Г. А., Шеховцова Р. П. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений: монография. – Нижний Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. университет, 2014. – 256 с.