

А.Г.Овчинникова

**ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ
СРЕДНЕЙ КВАДРАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ
ПЛОЩАДИ ЗДАНИЯ**

*Материалы к вебинару
«Оценка точности определения
площадей объектов недвижимости»,
состоявшемуся 05.02.2021*

*Любое копирование, распространение или воспроизведение информации
возможно исключительно с указанием ссылки на первичный источник.*

Москва, 2021.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящем документе приведены примеры расчетов средней квадратической погрешности (далее – СКП) площади здания с применением различных методик. Необходимость расчета данной величины при подготовке технических планов возникла в связи с вступлением в силу Приказа Росреестра от 23.10.2020 № П/0393 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места».

В качестве примера для расчета СКП взято одноэтажное здание, координаты которого определены методом спутниковых геодезических измерений, а линейные измерения внутренних помещений в здании – с использованием лазерной рулетки. Основываясь на общих положениях научно-обоснованной теории ошибок измерений, общеизвестных формул определения СКП площади объектов, показаны несколько вариаций вычисления такой величины. Важно отметить, что представленные ниже методики и формулы расчета СКП площади объекта и СКП линейных измерений не являются исчерпывающими. На практике возможны и другие вариации, которые во многом обусловлены используемыми технологиями проведения работ и измерений, применяемыми приборами, конфигурацией объекта кадастровых работ и условиями проведения работ в целом.

ПРИМЕР ПОДСЧЕТА СКП ПЛОЩАДИ ЗДАНИЯ

1. Описание и условия работ

Кадастровые работы проводятся в отношении одноэтажного здания. В здании завершены строительные работы. Отделочные работы отсутствуют.

Измерения проведены опытным кадастровым инженером прибором Leica Disto D2 на $h=1,10$ м от уровня пола.

Температура среды измерения: комнатная температура (около $+21$ °С), Измерения проведены при умеренной дневной освещенности.

Стены с хорошей отражательной способностью (стены из пеноблоков).

Координаты характерных точек контура здания определения методом спутниковых измерений со СКП = 0,03 м.

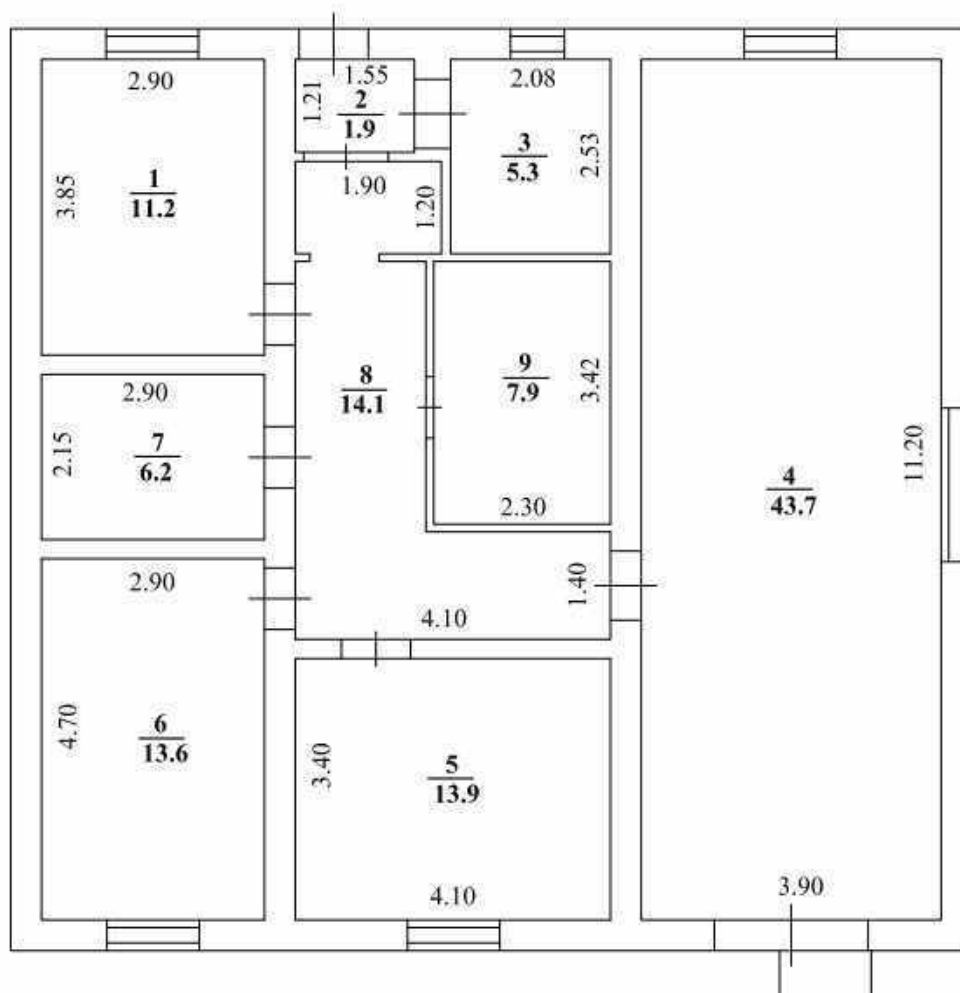


Рис. 1. Поэтажный план здания – объекта кадастровых работ

2. Определение СКП линейных измерений

Измерения длин линий сопровождаются погрешностями. Рассмотрим источники погрешностей и способы ослабления их влияния на точность измерения. Величина погрешности линейных измерений зависит от ряда факторов, которые и определяют ее итоговое значение. При проведении линейных измерений лазерной рулеткой СКП измерений можно выразить следующей формулой:

$$m_s = \sqrt{m_{\text{пр}}^2 + m_{\Gamma}^2 + m_{\text{ст}}^2 + m_{\text{фикс}}^2 + m_{\text{в}}^2 + m_{\phi}^2} \quad (1)$$

где, $m_{\text{пр}}$ – СКП измерений длин линий прибором;

m_{Γ} – СКП определения горизонтального проложения линии

(СКП измерений за кривизну лазерного луча при наведение луча не по горизонтали);

$m_{\text{ст}}$ – СКП уклонения луча от створа измеряемой линии;

$m_{\text{фикс}}$ – СКП неточности фиксирования (прикладывания) лазерной рулетки к поверхности отсчета;

$m_{\text{в}}$ – СКП измерений за кривизну стен по высоте;

m_{ϕ} – СКП за неравенство стен при приведении объекта к правильной фигуре (методическая ошибка).

1) Из условий проведения работ (температура, освещенность, отражательная способность стен) можно сделать вывод о наличии благоприятных условий для проведения линейных измерений. Из описания типа средств измерений «Лазерный дальномер Leica DISTO D2», являющегося приложением к свидетельству № 63050 (взято из открытых источников в сети «Интернет») установлено, что при благоприятных условиях проведения измерений прибор Leica DISTO D2 дает следующие СКП (см. Таблица 1):

- при длине стен до 5 м $m_{\text{пр}} = 1.5$ мм

- при длине стен от 5 до 100 м $m_{\text{пр}} = 1.5$ мм + 0.1 мм/м.

В зависимости от технических характеристик приборов, которыми проводятся линейные измерения при подготовке технических планов, их погрешности оказывают чувствительное влияние на результаты измерений, как

правило, при длине стен в несколько десятков метров. При меньших длинах стен $m_{пр}$, как правило, пренебрежительно мало и не оказывает сильного влияния на результаты измерений и величину их погрешности. Данное условие во многом обусловлено точностью проведения линейных измерений в кадастровых работах (необходимостью округления их результатов до 0,01 м), при этом погрешность лазерных рулеток (в зависимости от производителя) при небольших длинах стен (до 10-20 м), как правило, не превышает 5 мм.

Наименование характеристики	Значение характеристики
Диапазон измерений расстояний, м: - при благоприятных условиях ¹⁾ - при неблагоприятных условиях ²⁾	от 0,05 до 100,00 от 0,05 до 60,00
Границы допускаемой абсолютной погрешности измерений расстояний (при доверительной вероятности 0,95): - при благоприятных условиях ¹⁾ : - от 0,05 до 5 м включ. - св. 5 до 100 м включ. - при неблагоприятных условиях ²⁾ : - от 0,05 до 5 м включ. - св. 5 до 60 м включ.	$\pm 2 \cdot 1,5$ мм $\pm 2 \cdot (1,5 \text{ мм} + 0,1 \text{ мм/м})$ $\pm 2 \cdot 3$ мм $\pm 2 \cdot (3,00 \text{ мм} + 0,15 \text{ мм/м})$
Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерений расстояний: - при благоприятных условиях ¹⁾ : - от 0,05 до 5 м включ. - св. 5 до 100 м включ. - при неблагоприятных условиях ²⁾ : - от 0,05 до 5 м включ. - св. 5 до 60 м включ.	1,5 мм $1,5 \text{ мм} + 0,1 \text{ мм/м}$ 3 мм $3,00 \text{ мм} + 0,15 \text{ мм/м}$
Дискретность измерений расстояний, мм	0,1
Диаметр лазерной точки, мм, не более: - на расстоянии 10 м - на расстоянии 50 м - на расстоянии 100 м	6 30 60
Класс опасности лазерного излучения по ГОСТ 31581-2012	2
Длина волны лазерного излучения, мкм	0,635
Мощность лазерного излучения, мВт, не более	1
Внутренняя память, измерений	10
Источник электропитания	2 элемента питания типа ААА
Напряжение питания, В	2×1,5
Измерений на полный заряд источника питания, не более	10000
Диапазон рабочих температур, °С	от минус 10 до плюс 50
Габаритные размеры (Д×Ш×В) мм, не более	44×26×116
Масса с элементами питания, кг, не более	0,1
¹⁾ - измерения на поверхность со 100% отражательной способностью (стена, окрашенная в белый цвет), низкая фоновая освещённость, умеренные температуры (плюс 25 °С) ²⁾ - измерения на поверхность с отражательной способностью от 10 до 100%, высокая фоновая освещённость (прибл. 30 000 лк), температура от минус 10 до плюс 50 °С	

Таблица 1. Метрологические и технические характеристики лазерного дальномера Leica DISTO D2

2) Важно понимать, что лазерными рулетками обеспечивается определение горизонтальных проложений. Погрешность в определении горизонтальных проложений линий является результатом точности обеспечения горизонтальности лазерного луча. Точность выставления горизонтальности луча должна быть тем выше, чем длинее сама линия.

Так, например, при длине линии в 5 м предельное отклонение луча от горизонта измеряемой линии не должно превышать 32 см (рис. 2). Такое отклонение от горизонта легко обнаруживается опытным исполнителем на глаз. Однако для ослабления влияния этой погрешности луч лазерной рулетки следует направлять как можно точнее в горизонте измеряемой линии.

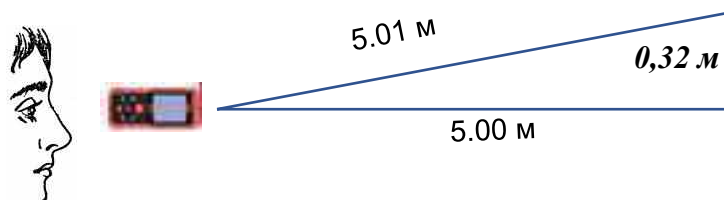


Рис. 2. Определение высоты кривизны лазерного луча

3) Погрешность от неточного фиксирования лазерной рулетки на поверхности измерения (или на невидимой линии, являющейся продолжением поверхности измерения) может оказаться достаточно ощутимой. Поэтому устанавливать ее рекомендуется как можно точнее на поверхности стены или на невидимой линии, являющейся продолжением такой стены (рис. 3). В целях исключения грубых ошибок и промахов также важно следить за соответствием поверхности отсчета, устанавливаемой в программе лазерной рулетки и устанавливаемой исполнителем в месте измерения.

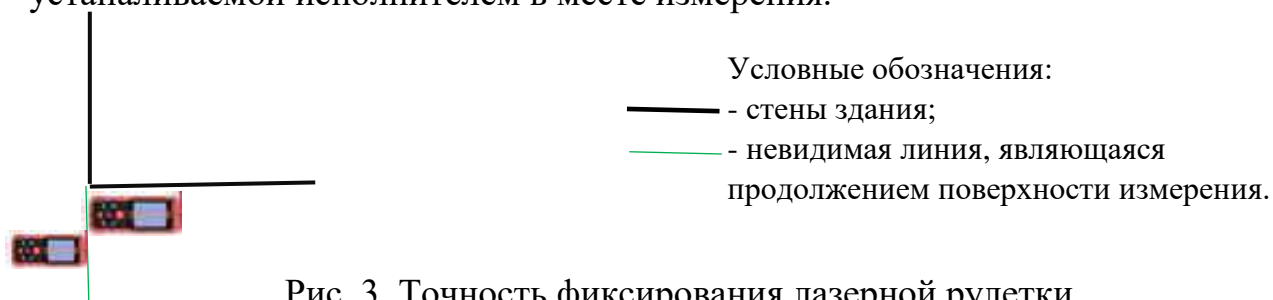


Рис. 3. Точность фиксирования лазерной рулетки

4) Наблюдения показывают, что кривизна стен зависит от качества строительных и ремонтно-отделочных работ. Как правило, кривизна стен на высоте от 0 до 1,10 м не превосходит величины в 1-2 см, редко при сильных «завалах» стен можно наблюдать изменение длины стен в 3 см. Для исключения ошибки за кривизну стен по высоте рекомендуется проводить измерения на

фиксированной высоте. Сведения о данной высоте можно записывать в абрисах, «Заключении кадастрового инженера» либо в иных документах, отражающих результаты натурных измерений объекта. В противном случае, необходимо вводить m_b – СКП за кривизну стен по высоте, которую можно вычислить по формуле Бесселя, имея необходимый ряд измерений длин стен на разных высотах относительно уровня пола (например, 0 м, 0,50 м, 1,10 м).

5) Форма зданий, сооружений, помещений, объектов незавершенного строительства, машино-мест зачастую представляет собой правильную геометрическую фигуру. В соответствии с требованиями действующего законодательства площадь объектов недвижимости также вычисляется как площадь простейшей геометрической фигуры (например, прямоугольник, трапеция, прямоугольный треугольник) или путем разбивки такого объекта на простейшие геометрические фигуры и суммирования площадей таких фигур. Между тем, при проведении натурных измерений мы зачастую сталкиваемся с небольшим неравенством длин стен и пренебрегаем им при представлении формы измеряемого объекта в виде простейшей геометрической фигуры, например, прямоугольника. Как показывает практика, значительное влияние на итоговое значение СКП линейных измерений оказывает именно СКП за неравенство стен при приведении объекта к правильной фигуре - m_ϕ , величина которой также может быть определена по формуле Бесселя:

$$m_\phi = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}$$

Так, при измерении самых длинных противоположных стен в помещении №4 у кадастрового инженера был получен ряд измерений: 11,23 м; 11,23 м; 11,18 м; 11,18 м. Помещение №4 мы приводим к форме прямоугольника, пренебрегая незначительными при такой длине стен расхождениями в их величине. Вычислим СКП за неравенство стен при приведении помещения №4 к правильной фигуре:

$$a = (11,23 + 11,23 + 11,18 + 11,18) / 4 =$$

$$(11,23 + 11,18) / 2 = 11,20 \text{ м}$$

$$v_1 = x_0 - l_1 = 11,20 \text{ м} - 11,23 \text{ м} = -0,03 \text{ м}$$

$$v_2 = x_0 - l_2 = 11,20 \text{ м} - 11,23 \text{ м} = -0,03 \text{ м}$$

$$v_3 = x_0 - l_3 = 11,20 \text{ м} - 11,18 \text{ м} = 0,02 \text{ м}$$

$$v_4 = x_0 - l_4 = 11,20 \text{ м} - 11,18 \text{ м} = 0,02 \text{ м}$$

$$m_\phi = m_a = \sqrt{\frac{(-0,03)^2 + (-0,03)^2 + 0,02^2 + 0,02^2}{3}} = \pm 0,02 \text{ м}$$

При приведении помещения к форме прямоугольника можно установить зависимость m_{ϕ} от имеющейся величины неравенства стен. Результаты такой зависимости приведены в Таблице 1:

№ п/п	Неравенство противоположных стен	Величина m_{ϕ}
1	$\pm 0,01$ м	$\pm 0,01$ м
2	$\pm 0,02$ м	
3	$\pm 0,03$ м	$\pm 0,02$ м
4	$\pm 0,04$ м	
5	$\pm 0,05$ м	$\pm 0,03$ м
6	$\pm 0,06$ м	

Таблица 1. Зависимость СКП приведения к правильной фигуре от неравенства длины стен

При проведении кадастровых работ в отношении типовых объектов (например, помещения, здания прямоугольной формы с площадью до 40-50 кв.м. с максимальной длиной стен до 10 - 15 м.) с измерением длин стен лазерной рулеткой на одной высоте можно принять:

$$m_{\Sigma} = \sqrt{m_{\text{пр}}^2 + m_{\text{Г}}^2 + m_{\text{ст}}^2 + m_{\text{фикс}}^2} \leq \pm 0,01 \text{ м}$$

Поскольку любые измерения не могут быть лишены ошибок и погрешностей, то при проведении кадастровых работ можно принять минимальное значение $m_s = \pm 0,01$ м. В зависимости от влияния иных факторов на погрешность линейных измерений величина m_s может увеличивать свое значение.

3.1. Определение СКП площади здания по СКП площади внутренних помещений и стен

Площадь здания можно вычислить, сложив площадь всех входящих в его состав помещений и площадь, занятую внутренними перегородками и стенами:

$$\begin{aligned}
 P &= P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{\text{внут_ст}} = \\
 &= 11,2 + 1,9 + 5,3 + 43,7 + 13,9 + 13,6 + 6,2 + 14,1 + 7,9 + \\
 &= (0,40 \times 11,20 \times 2 + 0,40 \times 1,21 + 2,90 \times 0,25 \times 2 + 0,30 \times 4,10 + 0,10 \times 11,05) = \\
 &= 117,8 + (9,0 + 0,5 + 1,4 + 1,2 + 1,1) = 131,0 \text{ м}^2
 \end{aligned}$$

$$m_p = \sqrt{m_{f_1}^2 + m_{f_2}^2 + m_{f_3}^2 + m_{f_4}^2 + m_{f_5}^2 + m_{f_6}^2 + m_{f_7}^2 + m_{f_8}^2 + m_{f_9}^2 + m_{f_{\text{внутст}}}^2} =$$

$$\sqrt{0,10^2 + 0,02^2 + 0,03^2 + 0,16^2 + 0,11^2 + 0,11^2 + 0,04^2 + 0,07^2 + 0,06^2 + 0,15^2} = \pm 0,31 \text{ м}^2 \approx$$

$$\approx \pm 0,3 \text{ м}^2$$

Поскольку не во всех помещениях СКП линейных измерений длин стен a и b совпадали по величине, то в таких случаях величина СКП площади рассчитывалась по формуле:

$$m_f = \sqrt{a^2 m_{sb}^2 + b^2 m_{sa}^2}$$

№ помещения	Длина стен, м		СКП линейных измерений, м		СКП площади, $m_f, \text{ м}^2$
	a	b	m_{sa}	m_{sb}	
1	3,85	2,90	0,02	0,02	0,10
2	1,21	1,55	0,01	0,01	0,02
3	2,53	2,08	0,01	0,01	0,03
4	11,20	3,90	0,03	0,01	0,16
5	3,40	4,10	0,02	0,02	0,11
6	4,70	2,90	0,02	0,02	0,11
7	2,15	2,90	0,01	0,01	0,04
8	1,20 4,90 1,40	1,90 1,70 2,40	0,01 0,02 0,01	0,01 0,01 0,01	0,07
9	3,42	2,30	0,02	0,01	0,06
Итого по помещениям:					$\pm 0,27$

Перегородки и стены	11,20	0,40	0,03	0,01	0,11	
	3,40	0,40	0,02	0,01	0,04	
	4,90	0,40	0,02	0,01	0,05	
	1,20	0,40	0,01	0,01	0,01	
	0,50	0,40	0,01	0,01	0,01	
	1,21	0,40	0,01	0,01	0,01	
	1,21	0,40	0,01	0,01	0,01	
	2,90	0,25	0,02	0,01	0,03	
	2,90	0,25	0,02	0,01	0,03	
	4,10	0,30	0,02	0,01	0,04	
	1,55	0,10	0,01	0,01	0,01	
	2,08	0,10	0,01	0,01	0,02	
	3,42	0,10	0,02	0,01	0,03	
	2,30	0,10	0,01	0,01	0,02	
	Итого по стенам и перегородкам:					0,15
	Итого по зданию:					±0,31

Таблица 2. Подсчет СКП площади

3.2. Определение СКП площади здания по СКП внутренних поверхностей наружных стен

Площадь здания – объекта кадастровых работ можно вычислить по формуле площади простейшей геометрической фигуры:

$$P = a \times b = 11,20 \times 11,70 = 131,0 \text{ м}^2$$

$$m_p = \sqrt{a^2 m_{sb}^2 + b^2 m_{sa}^2} = \sqrt{11,20^2 \times 0,03^2 + 11,70^2 \times 0,03^2} = \pm 0,49 \text{ м}^2 \approx \pm 0,5 \text{ м}^2$$

$$m_{sb} = \sqrt{0,02^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,01^2 + 0,01^2} = \pm 0,03 \text{ м}^2$$

$$m_p = \sqrt{a_1^2 m_{sb1}^2 + b_1^2 m_{sa1}^2} = \sqrt{11,20^2 \times 0,03^2 + 11,70^2 \times 0,03^2} = \pm 0,49 \text{ м}^2 \approx \pm 0,5 \text{ м}^2$$

$$m_{sa1} = \sqrt{0,02^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,02^2} = \pm 0,03 \text{ м}^2$$

$$m_{sb1} = \sqrt{0,02^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2} = \pm 0,03 \text{ м}^2$$

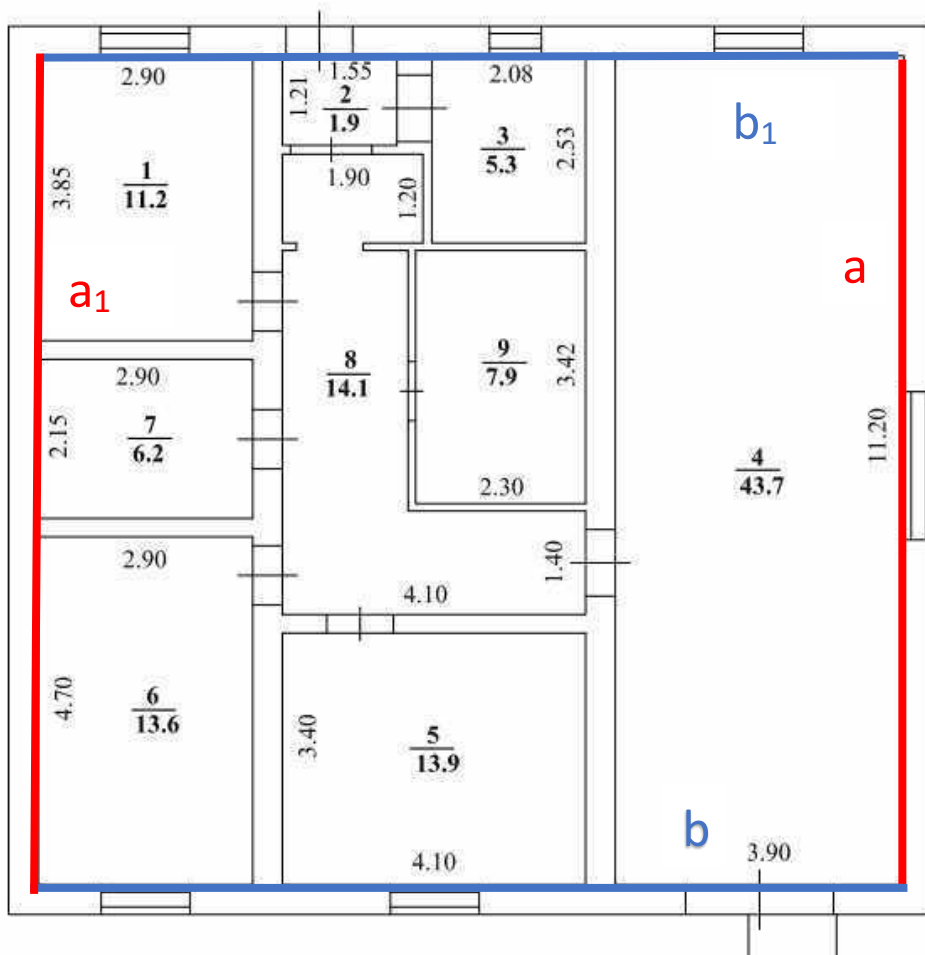


Рис. 4. Линейные измерения для расчета СКП площади здания

3.3. Определение СКП площади здания по СКП внешнего контура здания и СКП наружных стен

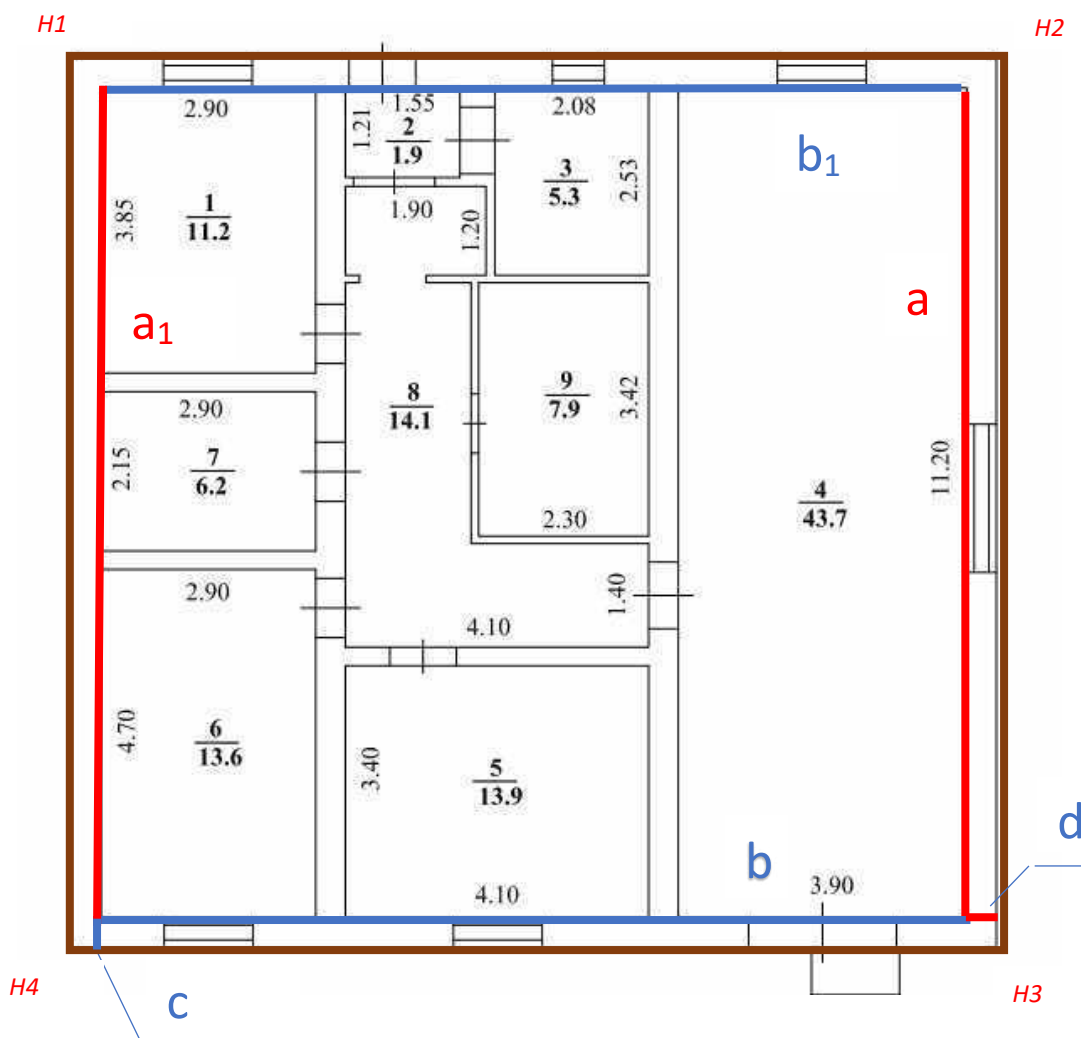


Рис. 5. Измерения для расчета СКП площади здания

Характерные точки контура здания имеют следующие координаты¹:

Номера характерных точек контура	Координаты, м	
	X	Y
н1	383,18	699,31
н2	379,92	710,86
н3	367,88	707,50
н4	371,14	695,94

Согласно пункту 10.2 Приказа Росреестра от 23.10.2020 № П/0393 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машино-места» площадь этажа жилого здания определяется в пределах внутренних поверхностей наружных стен.

Таким образом, площадь здания можно вычислить по следующей формуле:

$$P = P_{\text{внеш}} - P_{\text{нар_ст}} = 150,1 - 19,0 = 131,1 \text{ м}^2$$

где, $P_{\text{внеш}}$ – площадь внешнего контура здания,

$P_{\text{нар_ст}}$ – площадь, занятая наружными стенами здания.

$P_{\text{внеш}} = 150,1 \text{ м}^2$ площадь внешнего контура здания получена из значений координат характерных точек здания.

$$\begin{aligned}
 P_{\text{нар_ст}} &= 2(bxc) + 2(axd) + 4 \times 0,40 \times 0,40 = \\
 &= 2(11,70 \times 0,40) + 2(11,20 \times 0,40) + 0,64 = 18,96 \approx 19,0 \text{ м}^2
 \end{aligned}$$

Тогда, общая СКП определения площади в данном случае можно выразить посредством следующей формулы:

$$m_p = \sqrt{m_{f_{\text{внеш}}}^2 + m_{f_{\text{нар_ст}}}^2} = \sqrt{0,36^2 + 0,23^2} = \pm 0,43 \text{ м}^2 \approx \pm 0,4 \text{ м}^2$$

$m_{f_{\text{внеш}}}$ – СКП площади внешнего контура здания можно получить из формул проф. Маслова:

¹ В целях отсутствия возможности идентификации уникальных характеристик объекта недвижимости в МСК первые четыре цифры координат исключены. Данное обстоятельство не оказывает влияния на подсчет площади и ее СКП.

$$m_p = 0.35m_t \sqrt{\sum_{k=1}^n ((y_{i+1} - y_{i-1})^2 + (x_{i+1} - x_{i-1})^2)} \quad (1)$$

где x_i, y_i – координаты характерных точек контура здания;
 m_t – СКП положения характерных точек контура здания;
 n – число характерных точек контура здания.

$$m_{f_{\text{внеш}}} = 0,35 \times 0,03 \times \sqrt{\begin{matrix} (710,86 - 695,94)^2 + (379,92 - 371,14)^2 + \\ (707,50 - 699,31)^2 + (367,88 - 383,18)^2 + \\ (695,94 - 710,86)^2 + (371,14 - 379,92)^2 + \\ (699,31 - 707,50)^2 + (383,18 - 367,88)^2 \end{matrix}} =$$

$$= 0,35 \times 0,03 \times \sqrt{\begin{matrix} 222,6064 + 77,0884 + \\ 67,0761 + 234,09 + \\ 222,6064 + 77,0884 + \\ 67,0761 + 234,09 \end{matrix}} = 0,35 \times 0,03 \times 34,67 = \pm 0,36 \text{ м}^2$$

$$m_{f_{\text{внеш}}} = m_t \sqrt{P} = 0,03 \times \sqrt{150,1} = \pm 0,37 \text{ м}^2 \quad (2)$$

$$m_{f_{\text{нар.ст}}} =$$

$$\sqrt{\begin{matrix} 2(a^2 m_{sd}^2 + d^2 m_{sa}^2) + 2(b^2 m_{sc}^2 + c^2 m_{sb}^2) + 4(c^2 m_{sd}^2 + d^2 m_{sc}^2) = \\ 2(11,20^2 \times 0,01^2 + 0,40^2 \times 0,03^2) + 2(11,70^2 \times 0,01^2 + 0,40^2 \times 0,03^2) + 2(0,40^2 \times 0,01^2 + 0,40^2 \times 0,01^2) = \\ 2 \times (0,012688 + 0,013833 + 0,000032) \end{matrix}} = \pm 0,23 \text{ м}^2$$

Пренебрегая бесконечно малыми погрешностями, данные вычисления можно привести в упрощенном виде:

$$m_{f_{\text{нар.ст}}} = \sqrt{2 \times (0,11^2 + 0,12^2)} = \pm 0,23 \text{ м}^2$$

Существует множество других способов определения СКП площади (например, определение СКП при уравнивании площадей в условиях наличия дополнительных измерений (например, диагоналей в прямоугольнике), определение СКП с помощью матриц измеренных величин и т.д.).

Важно понимать, что величина СКП определения площади зависит от методики ее определения, применяемых приборов и формул при вычислениях.

² Данная формула дает наиболее точные результаты в случае, если объект имеет фигуру четырехугольника близкого к квадрату. Далее при переходе от прямоугольной конфигурации объекта к более сложным геометриям точность получения СКП по данной формуле падает.

4. Пример «Заключения кадастрового инженера»

Согласно пункту 4 Приложения № 2 к приказу Росреестра от 23.10.2020 г. № П/0393 для оценки точности определения (вычисления) площади здания, сооружения, помещения или машино-места, площади застройки сооружения рассчитывается средняя квадратическая погрешность определения (вычисления) площади по рекомендуемым формулам, приведенным в приложении к настоящим требованиям, и указывается в техническом плане в соответствующей характеристике объекта недвижимости. Для расчета средней квадратической погрешности определения (вычисления) площади здания, сооружения, помещения или машино-места, площади застройки сооружения могут быть использованы другие формулы.

В соответствии с Письмом Росреестра от 12.01.2021 №13-00005/21 до введения в действие новой XML-схемы, используемой для подготовки технического плана, формулы СКП определения площади с подставленными в них значениями и результатом вычисления приводятся в разделе технического плана «Заключение кадастрового инженера».

Таким образом, в зависимости от используемой кадастровым инженером методики определения площади здания может быть приведена следующая информация об определении СКП площади в «Заключении кадастрового инженера»:

ВАРИАНТ 1:

Внутренние обмеры здания проведены на $h=1.10$ м от уровня пола. В здании завершены строительные работы. Отделочные работы отсутствуют. Площадь здания получена путем разбивки такого объекта на простейшие геометрические фигуры и суммирования площадей таких фигур, поэтому СКП определения площади здания вычислена по формуле:

$$m_p = \sqrt{m_{f1}^2 + m_{f2}^2 + m_{f3}^2 + m_{f4}^2 + m_{f5}^2 + m_{f6}^2 + m_{f7}^2 + m_{f8}^2 + m_{f9}^2 + m_{f_{\text{внут.ст}}}^2} = \sqrt{0,10^2 + 0,02^2 + 0,03^2 + 0,16^2 + 0,11^2 + 0,11^2 + 0,04^2 + 0,07^2 + 0,06^2 + 0,15^2} = \pm 0,3 \text{ м}^2$$

Дополнительно могут быть приведены расчеты СКП каждого помещения:

№ помещения	Длина стен, м		СКП линейных измерений, м		СКП площади, $m_f, \text{ м}^2$
	a	b	m_{sa}	m_{sb}	
1	3,85	2,90	0,02	0,02	0,10
2	1,21	1,55	0,01	0,01	0,02
3	2,53	2,08	0,01	0,01	0,03
4	11,20	3,90	0,03	0,01	0,16



5	3,40	4,10	0,02	0,02	0,11
6	4,70	2,90	0,02	0,02	0,11
7	2,15	2,90	0,01	0,01	0,04
8	1,20 4,90 1,40	1,90 1,70 2,40	0,01 0,02 0,01	0,01 0,01 0,01	0,07
9	3,42	2,30	0,02	0,01	0,06
Итого по помещениям:					±0,27
Перегородки и стены	11,20	0,40	0,03	0,01	0,11
	3,40	0,40	0,02	0,01	0,04
	4,90	0,40	0,02	0,01	0,05
	1,20	0,40	0,01	0,01	0,01
	0,50	0,40	0,01	0,01	0,01
	1,21	0,40	0,01	0,01	0,01
	1,21	0,40	0,01	0,01	0,01
	2,90	0,25	0,02	0,01	0,03
	2,90	0,25	0,02	0,01	0,03
	4,10	0,30	0,02	0,01	0,04
	1,55	0,10	0,01	0,01	0,01
	2,08	0,10	0,01	0,01	0,02
	3,42	0,10	0,02	0,01	0,03
	2,30	0,10	0,01	0,01	0,02
	Итого по стенам и перегородкам:				0,15
Итого по зданию:				±0,31	

Вместо табличной формы расчет СКП каждого помещения может быть представлен в виде перечня расчетных формул с подставленными в них значениями.

ВАРИАНТ 2:

Внутренние обмеры здания проведены на $h=1,10$ м от уровня пола. В здании завершены строительные работы. Отделочные работы отсутствуют. Поскольку здание имеет форму прямоугольника, СКП определения площади рассчитана по следующей формуле:

$$m_p = \sqrt{a^2 m_{sb}^2 + b^2 m_{sa}^2} = \sqrt{11,20^2 \times 0,03^2 + 11,70^2 \times 0,03^2} = \pm 0,5 \text{ м}^2$$

ВАРИАНТ 3:

Внутренние обмеры здания проведены на $h=1,10$ м от уровня пола. В здании завершены строительные работы. Отделочные работы отсутствуют. СКП определения площади рассчитана по следующей формуле:

$$m_p = \sqrt{m_{f_{\text{внеш}}}^2 + m_{f_{\text{нар_ст}}}^2} = \sqrt{0,36^2 + 0,23^2} = \pm 0,4 \text{ м}^2$$

$$m_{f_{\text{внеш}}} = m_t \sqrt{P} = 0,03 \times \sqrt{150,1} = \pm 0,37 \text{ м}^2$$

$$m_{f_{\text{нар_ст}}} = \sqrt{2 \times (0,11^2 + 0,12^2)} = \pm 0,23 \text{ м}^2$$

ФОРМУЛЫ РАСЧЕТА СКП ПЛОЩАДИ ДЛЯ РАЗНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР³

Фигура	Чертеж	Формула для подсчета площади фигуры	Формула определения СКП площади фигуры
Квадрат		$P=a^2$	$m_p = m_a\sqrt{2P}=$ $m_a\sqrt{2a^2} = am_a\sqrt{2}$
Прямоугольник		$P=ab$	$m_p = \sqrt{a^2m_b^2 + b^2m_a^2}$ Если $m_a=m_b=m_s$, т.е. когда все стороны измерены с одинаковой точностью: $m_p = m_s\sqrt{a^2 + b^2}$
Параллелограмм			
Треугольник		$P=\frac{1}{2}ab$	$m_p = \frac{\sqrt{a^2m_b^2 + b^2m_a^2}}{2}$
		Формула Герона: $P=\sqrt{q(q-a)(q-b)(q-c)}$ $q=\frac{a+b+c}{2}$	$m_p = \frac{1}{4P} \sqrt{(A-B+C+D)^2m_a^2 + (A+B-C+D)^2m_b^2 + (A+B+C-D)^2m_c^2}$ где $A=(q-a)(q-b)(q-c);$ $B=q(q-b)(q-c);$ $C=q(q-a)(q-c);$ $D=q(q-a)(q-b).$
Круг		$S=\pi R^2$	$m_s = m_R\sqrt{(2\pi R)^2}=$ $= 2\pi m_R R$

³ Данный перечень формул не является исчерпывающим. Для ряда фигур могут быть выведены и иные формулы расчета СКП площади.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1) Большаков В.Д., Маркузе Ю.И. Практикум по теории математической обработки геодезических измерений: Учебное пособие для вузов – М.: Недра, 1984. С.112-115.
- 2) Гиршберг М.А., Геодезия, ч.1, 1967. С. 70-82.
- 3) Коугия В.А. Определение площадей объектов недвижимости: Учебное пособие / Под ред. В.А. Коугия – 2-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2019. – 112 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература).
- 4) Маслов А.В. Способы и точность определения площадей. Геодезиздат, 1955.
- 5) Маслов А.В., Юнусов А.Г., Горохов Г.И. Геодезические работы при землеустройстве. Недра, 1990. С. 59-65.
- 6) Маркузе М.Ю. Оценка точности определения площадей земельных участков застроенных территорий: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М.: ГУЗ, 2000. – 122 С.
- 7) Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Земельно-кадастровые геодезические работы. – М.: КолосС, 2006. С. 160 – 165.
- 8) Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ: Справ. пособие. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1996. – С. 81-82, 184.
- 9) Неумывакин Ю.К., Смирнов А.С. Практикум по геодезии. Учеб. пособие для вузов. – М.: Недра, 1985. С.36-36.
- 10) Практикум по геодезии / В.В. Баканова, Я.Я. Карклин, Г.К. Павлова, М.С. Черемисин: Учеб. Пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 1983. С. 190-191.
- 11) Чеботарев А.С., Геодезия, 1955. Геодезиздат. С.38-41.
- 12) Шилов П.И., Геодезия., 1950. С. 111-116.
- 13) Терентьев Д.Ю. Сравнительный анализ результатов оценки точности площадей земельных участков. – Новосибирск.: СГГА. <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-rezultatov-otsenki-tochnosti-ploshchadey-zemelnyh-uchastkov>
- 14) Купреева Е.Н. Морозова А.А. Исследование точности определения площадей земельных участков различными способами. – Омск.: Омский государственный университет имени П.А.Столыпина. <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-tochnosti-opredeleniya-ploshchadey-zemelnyh-uchastkov-razlichnymi-sposobami>
- 15) Инструкция по межеванию земель. Приложение 2. Роскомзем 08.04.1996.

Все замечания и предложения по данному материалу следует направлять на электронную почту zao_mk@mail.ru с пометкой «ВЕБИНАР по СКП».