

УДК 528.48

**П. И. СОЛОВЕЙ, А. Н. ПЕРЕВАРЮХА, Р. Р. КОПАЧЕВ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

## **НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРЕНА ДЫМОВЫХ ТРУБ**

**Аннотация.** В статье выполнен сравнительный анализ различных нормативных документов по нормированию точности определения крена дымовых труб, находящихся в условиях строительства и эксплуатации. Установлено, что некоторые нормативные документы вступают в противоречия друг с другом. Не выдержано требование, чтобы соотношение предельного крена к погрешности его измерения было равно пяти и более. Представлено варианты решения данной проблемы. Для уменьшения влияния жестких требований к точности определения крена строящихся дымовых труб высотой до 100 м предложено выражать погрешность определения крена линейной функцией, которая исключает этот недостаток. Предложено в результате обширного обсуждения статьи найти оптимальное решение проблемы нормирования точности определения крена не только дымовых труб, но и других видов высотных сооружений башенного типа.

**Ключевые слова:** крен, точность, нормирование, дымовые трубы, предельные крены, предельная погрешность.

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Предельные крены дымовых труб и точность их определения рассматриваются различными нормативными документами, которые вступают с друг с другом в серьезные противоречия. Анализ нормативных документов показывает, что настала острая необходимость приведения точности измерения крена и предельный крен в соответствие с нормативными документами, что позволит однозначно выполнять расчет точности необходимых измерений как на стадии строительства, так и в период эксплуатации.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Нормированию точности геодезических измерений посвящено много публикаций как у нас в стране, так и за рубежом. Среди них работы [9, 10]. Непосредственно нормированию точности определения крена посвящены следующие работы [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. Но недостаточно работ посвящено приведению предельных кренов дымовых труб и точности их измерений в соответствии с различными нормативными документами.

### **ЦЕЛИ**

Выполнить сравнительный анализ различных нормативных документов, регламентирующих предельные крены дымовых труб и точность их измерений.

### **ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ**

Дымовые трубы проектируют преимущественно конической и цилиндрической формы. Основной осью дымовой трубы является вертикальная ось – линия, соединяющая центры контролируемых сечений на разных уровнях. Отклонения вертикальной оси от отвесной линии, проходящей через центр нижнего сечения, вызванные неравномерными осадками основания фундамента, называют креном. Крен дымовых труб задают в линейной  $Q$  и относительной мерах. Под линейным креном понимают проекцию вертикальной оси сооружения на горизонтальную плоскость. Относительный крен вычисляют по формуле:

$$i_Q = \frac{Q}{H}, \quad (1)$$

где  $H$  – высота сооружения.

Предельные крены регламентируются нормативными документами отдельно в условиях строительства и эксплуатации. Предельные крены в условиях строительства регламентируются СП 83.13330.2016 [8], согласно которому для дымовых труб высотой меньше 100 м его вычисляют по формуле:

$$Q_{\text{дон}} = 0,002H, \quad (2)$$

но не более 150 мм, а для труб высотой больше 100 м:

$$Q_{\text{дон}} = 0,015H, \quad (3)$$

но не более 200 мм.

Предельные крены дымовых труб в условиях эксплуатации регламентируются СП 22.13330.2011 [6], согласно которым предельный относительный крен для дымовых труб высотой меньше 100 м не должен превышать:

$$i_{\text{пред.}} \leq 0,005, \quad (4)$$

а для труб высотой больше 100 м:

$$i_{\text{пред.}} \leq \frac{1}{2H} \quad (5)$$

Предельные крены дымовых труб в условиях строительства меньше предельных кренов сооружений, находящихся в эксплуатации, в 2,5 раза. Это объясняется тем, что в условиях строительства передача центра нижнего сечения на монтажный горизонт осуществляется способом вертикального проектирования с применением приборов вертикального оптического или лазерного проектирования, а также механическим способом (тяжелыми отвесами). Такой способ позволяет передавать точки с исходного на монтажные горизонты с более высокой точностью по сравнению со способом наклонного проектирования, применяемым в условиях эксплуатации. В практике геодезических работ известен случай, когда при строительстве дымовой трубы № 1 Экибастузской ГРЭС из-за неравномерных осадок основания, вызванных вибрацией механизмов в котловане главного корпуса, возник крен, величина которого составила 883 мм на высоте  $H = 100$  м, что более чем в 5 раз превышает предельный крен (150 мм), согласно [7].

Предельная погрешность определения крена регламентируется ГОСТ-24846-2012 [1] и не должна превышать для сооружений любой высоты как в условиях строительства, так и в процессе эксплуатации:

$$m_Q = 0,0005H. \quad (6)$$

Для анализа взаимодействия нормативных документов предельные крены и погрешности их измерений, вычисленные по формулам (2) – (6) и приведенные к линейной мере, представим в таблице 1.

Анализ таблицы 1 показывает, что предельные погрешности измерения кренов (столбец 5) меньше предельных кренов дымовых труб в условиях строительства (столбец 3) высотой от 30 до 200 метров

**Таблица 1** – Предельные крены дымовых труб и погрешности их измерений

№ п/п	Высота дымовых труб $H$ , м	Предельные крены, мм		Предельные погрешности $m_Q=0,0005H$ , мм ГОСТ 24846-2012	СКП измерений крена, мм $m_Q/3$
		в условиях строительства СП 83.13330.2016	в условиях эксплуатации СП 22.13330.2011		
1	30	60	150	15	5
2	50	100	250	25	8
3	100	150	500	50	17
4	200	200	500	100	33
5	300	200	500	150	50
6	400	200	500	200	67
7	500	200	500	250	83

в 2–4 раза. Но начиная с высоты  $H = 300$  м предельные погрешности равны и даже превышают предельные крены (строчки 6–7). Вычисленная средняя квадратическая погрешность определения крена помещена в таблицу 1 (столбец 6). Как видно из таблицы 1, требование к точности измерения кренов для дымовых труб небольшой высоты значительно выше, чем для труб большой высоты и их сложно обеспечить.

В Своде Правил [7] авторы попытались привести в соответствие предельные крены дымовых труб и точность их измерений. Для анализа этого документа, приведем без изменений фрагмент, касающийся дымовых труб, и поместим в таблице 2.

**Таблица 2** – Предельные крены дымовых труб и точность их определения по СП 126.13330-2012

№ п/п	Сооружение	Предельные деформации основания		
		Погрешности при их измерениях		
		относительная разность осадок ( $\Delta s/L$ )	величина крена $i_u$	Средняя осадка, см
...	5. Дымовые трубы высотой $H$ , м			
5.1	$H \leq 100$	–	$\frac{0,005}{0,001}$	$\frac{40}{8}$
5.2	$100 < H \leq 200$	–	$\frac{1/(2H)}{0,0002}$	$\frac{30}{6}$
5.3	$200 < H \leq 300$	–	$\frac{1/(2H)}{0,0006}$	$\frac{20}{4}$
5.4	$H > 300$	–	$\frac{1/(2H)}{0,0006}$	$\frac{10}{2}$

Следует отметить, что Свод Правил [7] является актуализированной редакцией СНиПа 3.01.03-84 [5]. Но в этом СНиПе подобная таблица 2 отсутствует, а взята со СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений» [6]. Кроме того, в Своде Правил приведены нормативные параметры объектов для условий строительства, а СНиП 2.02.01-83 – для условий эксплуатации. Очевидно, авторы свода Правил решили нормировать предельные крены дымовых труб и точность их измерений как в условиях строительства, так и в условиях эксплуатации.

В Своде Правил (таблица 2, столбец 4) в числителе представлены предельные относительные крены, а в знаменателе – относительные погрешности их измерений. Для труб высотой до 100 м соблюдено требование документов [7]. Для обеспечения надежности, репрезентативности, объективности и достоверности определения крена этот документ требует, чтобы погрешность его измерения была меньше предельного крена не менее, чем в 5 раз, т. е.:

$$m_Q = \frac{Q_{\text{п.}}}{5} \quad (7)$$

Анализ таблицы 2 (столбец 4) показывает, что для труб высотой до 100 м это условие соблюдается ( $0,005/0,001 = 5$ ). Но для труб высотой от 100 до 200 метров предельный относительный крен составит  $i_{\text{пред.}} = 1/(2H) = 1/(2 \cdot 200) = 0,0025$ , а относительная погрешность равна 0,0002, что 12,5 раз меньше предельного крена и этот норматив сложно обеспечить.

Для дымовых труб высотой более 200 м (например,  $H = 300$  м) предельный относительный крен составит  $i_{\text{пред.}} = 1/(2H) = 1/(2 \cdot 300) = 0,0017$ , а относительная погрешность  $i_Q = 0,0006$ . Соотношение составит:

$$0,0017 : 0,0006 = 2,7,$$

что меньше требуемого соотношения равного 5.

Анализ представленных результатов, помещенных в таблицах 1, 2 показывает, что назрела необходимость в изменении допусков на точность определения крена дымовых труб. Очевидно, что допуски на точность определения крена необходимо назначать отдельно для строящихся дымовых труб и находящихся в эксплуатации.

Так как предельные крены строящихся дымовых труб меньше предельных кренов сооружений, находящихся в эксплуатации, то погрешности их измерений следует назначать отдельно.

Кроме того, для уменьшения влияния жестких требований к точности определения крена строящихся дымовых труб высотой меньше 100 метров погрешность измерений крена следует выражать линейной зависимостью:

$$m_Q = a + b \cdot H, \quad (8)$$

а для дымовых труб высотой более 100 метров:

$$m_Q = b \cdot H. \quad (9)$$

В формулах (8) и (9) коэффициенты  $a$  и  $b$  необходимо подбирать с таким расчётом, чтобы отношение предельного крена и погрешности его измерения было не меньше пяти, что требует [7].

Нами предложено для строящихся дымовых труб разделить их по высоте на пять групп (таблица 3). Это позволит для сооружений высотой до 100 м подобрать такие коэффициенты  $a$  и  $b$  в уравнении (8), чтобы соотношение  $Q_{дон.}/m_Q$  было не меньше пяти. Кроме того, коэффициент  $a$  позволит уменьшить влияние жестких требований к точности определения крена сооружений высотой меньше 50 метров.

**Таблица 3** – Предельные крены и погрешности их измерений строящихся дымовых труб

№ п/п	Дымовые трубы высотой $H$ , м	Предельный крен $Q_{дон.}$ , мм по СНиП 3.01.03-84	Погрешность определения крена $m_Q$ , мм
1	$H \leq 30$	$0,002H$	$4 \text{ мм} + 0,0002H$
2	$30 < H \leq 50$	$0,002H$	$6 \text{ мм} + 0,0002H$
3	$50 < H \leq 100$	$0,002H$	$10 \text{ мм} + 0,0002H$
4	$100 < H \leq 200$	200	$0,0002H$
5	$200 < H \leq 300$	200	$0,00013H$
6	$300 < H \leq 400$	200	$0,0001H$

Анализ предельных кренов и погрешностей их измерений показывает (таблица 3), что для всех шести групп дымовых труб соотношение  $Q_{дон.}/m_Q$  не меньше пяти.

Для дымовых труб, находящихся в условиях эксплуатации, нами предложено (таблица 4) подобрать относительные погрешности с таким расчетом, чтобы выполнялось требование [7]:

$$i_Q = 0,2i_{пред.} \quad (10)$$

**Таблица 4** – Предельные относительные крены и погрешности их измерений для дымовых труб, находящихся в условиях эксплуатации

№ п/п	Дымовые трубы высотой $H$ , м	Предельный относительный крен $i_{пред.}$ по СНиП 2.02.01-83	Относительная погрешность определения крена $i_Q$
1	$H \leq 100$	0,005	0,001
2	$100 < H \leq 200$	$1/(2H)$	0,0005
3	$200 < H \leq 300$	$1/(2H)$	0,0003
4	$300 < H \leq 400$	$1/(2H)$	0,00025

Анализ таблицы 4 показывает, что для всех групп дымовых труб выполняется условие (10).

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Поднятые нами проблемы нормирования точности определения кренов рассмотрены только для дымовых труб. Аналогичные проблемы касаются других видов высотных сооружений башенного типа (телебашни, телемачты, опоры ЛЭП и др.) и требуют своего решения.

В заключение отметим, что предложенная статья не лишена недостатков и представлена к опубликованию в порядке обсуждения и дискуссии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 24846-2012. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений = Soils. Methods for measuring deformations of the foundations of buildings and structures : национальный стандарт Российской Федерации.

- Федерации : издание официальное : утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 октября 2012 г. N 599-ст : взамен ГОСТ 24846-81 : дата введения 2013-07-01 / ОАО «НИЦ "Строительство"». – Москва : Стандартинформ, 2014. – 18 с. – Текст : непосредственный.
2. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування : національний стандарт України : видання офіційне : введено вперше зі скасуванням на території України СНиП 2.02.01-83 ; чинні від 2009-07-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 107 с. – Текст : непосредственный.
  3. ДБН В.1.3-2-2010. Геодезичні роботи в будівництві : національний стандарт України : видання офіційне : затверджено наказом від 21.01.2010 р. № 20 : введено вперше зі скасуванням на території України СНиП 3.01.03-84 : чинні від 2010-01-21. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 70 с. – Текст : непосредственный.
  4. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции : издание официальное : утвержден постановлением Госстроя СССР от 4 декабря 1987 г. № 280 : дата введения 1988-07-01 / ЦНИИОМТП Госстроя СССР; НИИЖБ Госстроя СССР; ВНИПИПромстальконструкцией Минмонтажспецстроя СССР [и др.]. – Москва : ФГУП ЦПП, 2007. – 192 с.
  5. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве : издание официальное : утвержден постановлением Госстроя СССР от 4 февраля 1985 года N 15 : на замену СНиП III-2-75 : дата введения 1985-07-01 / ЦНИИОМТП Госстроя СССР с участием НИИОСП им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР, НИИПГ ГУГК, трест Мосоргстрой Главмосстроя при Мосгорисполкоме. – Москва : ГУП ЦПП, 1997. – 28 с. – Текст : непосредственный.
  6. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений = Foundations of buildings and structures : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 28 декабря 2010 г. N 823 : актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83 : дата введения 2011-05-20 / исполнители Научно-исследовательский, проектно-изыскательский и конструкторско-технологический институт оснований и подземных сооружений им. Н. М. Герсеванова – институт ОАО «НИЦ "Строительство"» (НИИОСП им. Н. М. Герсеванова). – Москва : Минрегион России, 2011. – 166 с. – Текст : непосредственный.
  7. СП 126.13330-2012. Геодезические работы в строительстве = Geodetic works in construction : издание официальное : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. N 635/1 : актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 : дата введения 2013-01-01 / исполнители ООО «Тектоплан», ГУП «Мосгоргеотрест», МГУГиК (МИИГАиК), ОАО «ГСПИ». – Москва : Минрегион России, 2011. – 84 с. – Текст : непосредственный.
  8. СП 83.13330-2016. Промышленные печи и кирпичные трубы = Industrial furnaces and brick chimneys : издание официальное : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 16 декабря 2016 г. N 947/пр : актуализированная редакция СНиП III-24-75 : дата введения 2017-06-17 / исполнитель Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России). – Москва : Стандартинформ, 2017. – 65 с. – Текст : непосредственный.
  9. Хохлов, Г. П. Методология расчета и оценки точности геодезических измерений с учетом ограничения ошибок контроля параметров возводимых объектов : специальность 05.24.01 : автореферат диссертации на соискание степени доктора технических наук / Хохлов Геннадий Петрович. – Московский институт геодезии и картографии. – Москва, 1994. – 40 с. – Текст : непосредственный.
  10. Чмчян, Т. Т. О нормировании точности геодезических работ в высотном крупнопанельном строительстве / Т. Т. Чмчян // Инженерная геодезия. – 1973. – Вып. 13. – С. 53–58. – Текст : непосредственный.

Получена 07.11.2020

**П. І. СОЛОВЕЙ, А. М. ПЕРЕВАРЮХА, Р. Р. КОПАЧОВ**  
**НОРМУВАННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КРЕНУ ДИМОВИХ ТРУБ**  
**ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»**

**Анотація.** У статті виконано порівняльний аналіз різних нормативних документів з нормування точності визначення крену димових труб, що знаходяться в умовах будівництва і експлуатації. Встановлено, що деякі нормативні документи суперечать одне одному. Не витримано вимоги, щоб співвідношення граничного крену до похибки його вимірювання дорівнювало п'яти й більше. Представлено варіанти вирішення даної проблеми. Для зменшення впливу жорстких вимог до точності визначення крену споруджуваних димових труб висотою до 100 м запропоновано виражати похибку визначення крену лінійною функцією, яка виключає цей недолік. Запропоновано в результаті обширного обговорення статті знайти оптимальне вирішення проблеми нормування точності визначення крену не тільки димових труб, а й інших видів висотних споруд баштового типу.

**Ключові слова:** крен, точність, нормування, димові труби, граничні крени, гранична похибка.

PAVEL SOLOVEJ, ANATOLY PEREVARJUHA, ROMAN KOPACHOV  
NORMALIZING THE ACCURACY OF DETERMINING THE ROLL OF  
CHIMNEYS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The article provides a comparative analysis of various regulatory documents on standardizing the accuracy of determining the roll of chimneys under construction and operating conditions. It was found that some regulatory documents are in conflict with each other. The requirement that the ratio of the limit roll to the error of its measurement be equal to 5 or more has not been met. Options for solving this problem are presented. To reduce the influence of strict requirements for the accuracy of determining the roll of chimneys under construction with a height of up to 100 m, it is proposed to express the error in determining the roll by a linear function that eliminates this drawback. As a result of an extensive discussion of the article, it is proposed to find an optimal solution to the problem of normalizing the accuracy of determining the roll of not only chimneys, but also other types of high-rise tower-type structures.

**Key words:** roll, accuracy, rationing, chimneys, marginal rolls, marginal error.

**Соловей Павел Илларионович** – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций высотных зданий и сооружений.

**Переварюха Анатолий Николаевич** – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций колеблющихся и вращающихся объектов.

**Копачев Роман Романович** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: многовариантное проектирование объектов при воздействии различных возмущающихся факторов.

**Соловей Павло Ларіонович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій висотних будівель і споруд.

**Переварюха Анатолій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент; завідувач кафедри інженерної геодезії ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій коливних і обертових об'єктів.

**Копачов Роман Романович** – студент ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: багатоваріантне проектування об'єктів при впливі різноманітних збурювальних факторів.

**Solovej Pavel** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of high-rise buildings.

**Perevarjuha Anatoly** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of varying and rotating objects.

**Kopachov Roman** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: multivariate design of objects under the influence of various disturbing factors.