



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

2016, ТОМ 22, НОМЕР 3, 115–124

УДК 624.971:624.153.7

(16)-0347-1

ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАЄМОДІЇ ДИМОВИХ ТРУБ НА ВІДТЯЖКАХ З АНКЕРНИМИ ФУНДАМЕНТАМИ

В. В. Губанов^а, О. В. Голіков^б

^а *Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, 86123.*

^б *Волгоградський державний архітектурно-будівельний університет,
1, вул. Академічна, м. Волгоград, Росія, 400074.*

E-mail: ^б alexandr_golikov@mail.ru

Отримана 20 травня 2016; прийнята 23 вересня 2016.

Анотація. У статті розглянуто вплив деформацій ґрунтів і анкерних фундаментів на напружено-деформований стан несучих конструкцій сталевих димових труб з відтяжками. Горизонтальні деформації ґрунтів моделюються введенням нерівномірних зміщень окремих фундаментів у горизонтальній площині. Від впливу зміщень визначені опорні реакції відтяжок і згинальні моменти в стовбурах димових труб. За об'єкт досліджень прийнято найбільш поширені типи димових труб 75 та 100 м заввишки з відтяжками, розташованими під кутом 120° у плані з одним або двома рівнями по висоті. За розрахункову модель було прийнято просторову систему. Отримані та проаналізовані якісні залежності впливу нерівномірних зміщень на опорні реакції та зусилля в стовбурі. Доведено, що при зміщеннях до 0,1 м має місце лінійна залежність між зміщеннями та зусиллями. На підставі чисельних досліджень було запропоновано модель та визначені граничні значення зміщень фундаментів.

Ключові слова: димові труби, відтяжки, нерівномірне зміщення фундаментів, внутрішні зусилля, моделювання роботи.

КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЫМОВЫХ ТРУБ НА ОТТЯЖКАХ С АНКЕРНЫМИ ФУНДАМЕНТАМИ

В. В. Губанов^а, А. В. Голиков^б

^а *Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
2, ул. Державина, г. Макеевка, 86123.*

^б *Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет,
1, ул. Академическая, г. Волгоград, Россия, 400074.*

E-mail: ^б alexandr_golikov@mail.ru

Получена 20 мая 2016; принята 23 сентября 2016.

Аннотация. В статье рассматривается влияние деформаций грунта и анкерных фундаментов на напряженно-деформированное состояние несущих конструкций стальных дымовых труб с оттяжками. Горизонтальные деформации грунта моделируются заданием неравномерных смещений отдельных фундаментов в горизонтальной плоскости. От воздействия смещений определены опорные реакции оттяжек и изгибающие моменты в стволах дымовых труб. В качестве объекта исследований приняты наиболее распространенные типы дымовых труб высотой 75 и 100 м с оттяжками, расположенными

под углом 120° в плане и одном или двух уровнях по высоте. Расчетной моделью являлась пространственная система. Получены и проанализированы качественные зависимости влияния неравномерных смещений на опорные реакции и усилия в стволе. Показано, что при смещениях до 0,1 м имеет место линейная зависимость между усилиями и смещениями. На основе численных исследований предложена модель и получены граничные значения смещений фундаментов.

Ключевые слова: трубы, оттяжки, неравномерные смещения фундаментов, внутренние усилия, моделирование работы.

QUALITATIVE PARAMETERS OF GUYED CHIMNEY INTERACTION WITH ANCHOR FOUNDATIONS

Vadim Gubanov^a, Alexander Golikov^b

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makiyivka, 86123.

^b Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering,
1, Akademicheskaya Str., Volgograd, Russia, 400074.

E-mail: ^b alexandr_golikov@mail.ru

Received 20 May 2016; accepted 23 September 2016.

Abstract. The effect of ground deformation of anchor foundation on stresses and strains in steelworks is dealt with in the paper including guyed steel chimney. The horizontal deformations of ground are modeled by inducing differential movements of a separate foundation in horizontal planes. The guy reactions and bending moments in a chimney shell due to movement are calculated. The most widespread types of chimney of 75 and 100 m high with guys at one or two levels having the horizontal angle of 120° are adopted as the object for research. The calculation model of the structure is a 3D system. The qualitative parameters for the influence of differential soil deformations on guy reactions and internal forces into the chimneys are obtained and analyzed. It demonstrated that there is a linear relation between translations and forces for displacements up to 0.1 m. On the basis of numerical data received the model are proposed and the limit values of displacements are obtained.

Keywords: steel chimney, guys, differential movements of foundations, internal forces, behavior modeling.

Введение

Металлические дымовые трубы широко используются на промышленных предприятиях для выброса продуктов сгорания в атмосферу и создания необходимой тяги в котлах. При относительно небольшом количестве отводимых газов и значительной высоте наиболее экономичным решением является использование дымовых труб на оттяжках, что позволяет значительно снизить диаметр ствола трубы [12, 13]. Возможно также выполнение усиления существующих дымовых труб путем установки оттяжек [8]. В этих случаях на промышленной площадке требуется наличие свободного пространства для размещения оттяжек и их анкерных фундаментов.

На стадиях изготовления, транспортировки и строительства оболочки дымовых труб приобретают геометрические несовершенства в виде овальностей, вмятин, несовпадений кромок и остаточных сварочных искривлений в стыках листов. Влияние этих несовершенств проанализировано в работах [9, 10], где показано, что они повышают приведенные напряжения и приводят к снижению устойчивости в 1,1...1,3 раза.

В процессе эксплуатации в конструкциях дымовых труб появляются повреждения вследствие агрессивного атмосферного и техногенного воздействия окружающей среды [1]. К таким повреждениям относятся коррозионный износ, прогары, повреждения креплений и ма-

териала оттяжек, ослабление предварительно натяжения оттяжек [8]. Наличие поврежденных приводит к повышению уровня действующих усилий и напряжений и, как следствие, к резкому снижению несущей способности.

Кроме этого, в процессе эксплуатации возможны вертикальные неравномерные осадки фундаментов анкеров оттяжек и ствола трубы. В работе [15] рассмотрено изменение усилий в оттяжках в дымовой трубе высотой 80 м с двумя уровнями оттяжек вследствие влияния горных подработок, вызывающих статические и динамические воздействия. Анализ влияния неравномерных вертикальных смещений фундаментов показал, что оттяжки нижнего уровня являются более чувствительными, для них при смещениях на 10 см усилия возрастают на 25...40 %, в оттяжках верхнего уровня усилия изменяются на 5...20 %. Данные об изменении усилий в стволе трубы в данной работе отсутствуют.

В процессе эксплуатации дымовых труб из-за наличия постоянного натяжения оттяжек может также происходить горизонтальное смещение анкерных фундаментов в направлении ствола дымовой трубы, которые приводят к снижению предварительного натяжения оттяжек, повышению податливости узла крепления оттяжек и возрастанию моментов в стволе трубы. Согласно Eurocode 6 [7] эффекты смещения фундаментов следует учитывать при расчете несущих металлических конструкций, а также при проектировании анкерных фундаментов. В имеющихся отечественных и зарубежных нормах по проектированию фундаментов [5, 6, 7] и нормах по расчету дымовых труб, в том числе и с наличием оттяжек, [13, 14] не приводятся требования по ограничению смещений фундаментов. Поэтому учет влияния неравномерных горизонтальных смещений фундаментов анкеров оттяжек на напряженно-деформированное состояние стволов дымовых труб является актуальной задачей, которая рассматривается в данной статье на основании общих методических подходов, предложенных в [2].

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследования приняты достаточно широко распространенные дымовые

трубы высотой 75 и 100 м с одним и двумя уровнями оттяжек, расположенные в третьем ветровом районе [4]. Диаметр ствола дымовой трубы высотой 75 м составляет 2 500 мм с принятой толщиной стенки 8 мм, дымовой трубы высотой 100 м – 3 000 мм с толщиной стенки 10 мм. Расположение оттяжек принято в соответствии с [12]. Наклон оттяжек составляет 45° к горизонтальной плоскости. В каждом уровне располагается три оттяжки под углом 120° . Схемы дымовых труб с оттяжками изображены на рис. 1.

Размеры сечений оттяжек и их предварительных натяжений получены из условия равенства пролетных и опорных изгибающих моментов. Предельно допустимое отклонение верха ствола принималось $\frac{1}{75}$ высоты трубы. Ветровые нагрузки определялись согласно [4]. Результаты подбора предварительных натяжений оттяжек представлены в табл. 1 (уровни оттяжек считаются снизу).

Численные исследования влияния смещения фундаментов на несущую способность дымовых труб проводились с использованием программного комплекса SCAD. Ствол трубы моделировался жестко заземленным консольным стержнем.

Схема смещений анкерных фундаментов и обозначение опор представлены на рис. 2, где стрелками показано положительное направление смещения. Были рассмотрены следующие варианты деформаций основания и смещений фундаментов анкеров оттяжек:

- а) трубы с одним уровнем оттяжек:
 - смещение одного из фундаментов оттяжек;
 - смещение двух фундаментов;
- б) трубы с двумя уровнями оттяжек:
 - смещение одного фундамента нижнего уровня оттяжек;
 - смещение одного фундамента верхнего уровня оттяжек;
 - смещение двух фундаментов нижнего уровня оттяжек;
 - смещение двух фундаментов верхнего уровня оттяжек;
 - смещение двух фундаментов верхнего и нижнего уровня оттяжек.

Результаты численных исследований

Результаты численных исследований влияния смещений фундаментов на значение опорных

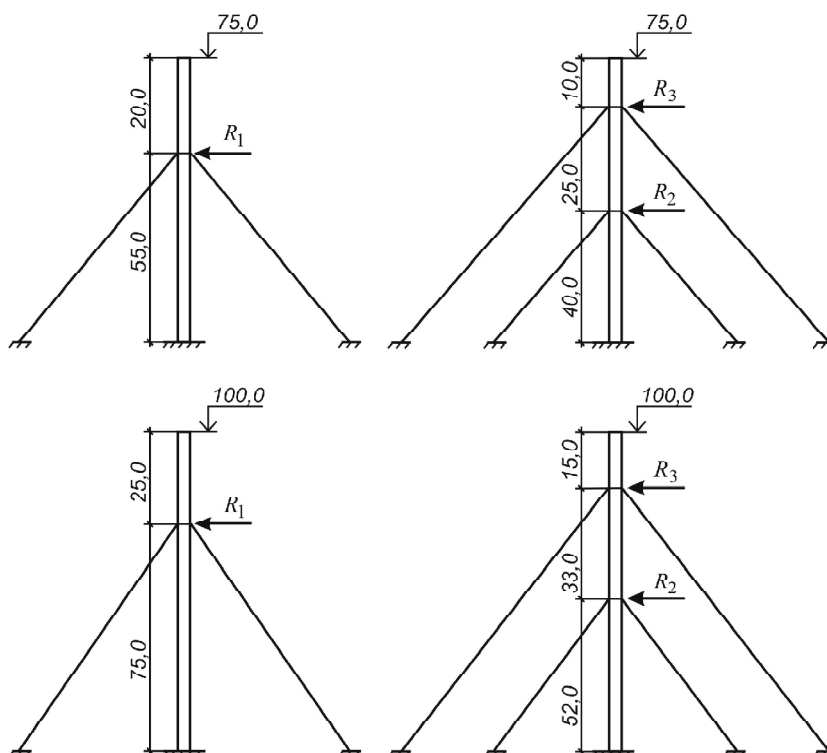


Рисунок 1. Схемы дымовых труб.

Таблица 1. Диаметры и предварительные натяжения оттяжек

Высота трубы, м	Оттяжки		
	Уровень	Диаметр, мм	Натяжение, кН
75	1	45	40,0
75	1	36	35,0
	2	45	120,0
100	1	52	80,0
100	1	40	40,0
	2	45	105,0

реакций в лацменных узлах крепления оттяжек к стволу дымовой трубы представлены на рис. 3–5.

На основании анализа зависимостей, полученных для дымовых труб с одним и двумя уровнем оттяжек при перемещениях одного или двух креплений оттяжек (рис. 3, 4), можно сделать вывод о том, что при наличии смещения фундамента хотя бы в одном направлении возникает значительное изменение реакции всей системы. Большей чувствительностью к нерав-

номерному смещению фундаментов обладает дымовая труба высотой 75 м. Полученные кривые имеют линейный вид при смещениях ± 10 см для дымовых труб с принятыми параметрами, поэтому для практического применения можно применить линейную аппроксимацию зависимости изменения сил реакции от смещения фундаментов.

При перемещениях фундаментов дымовых труб происходит неравномерное перераспре-

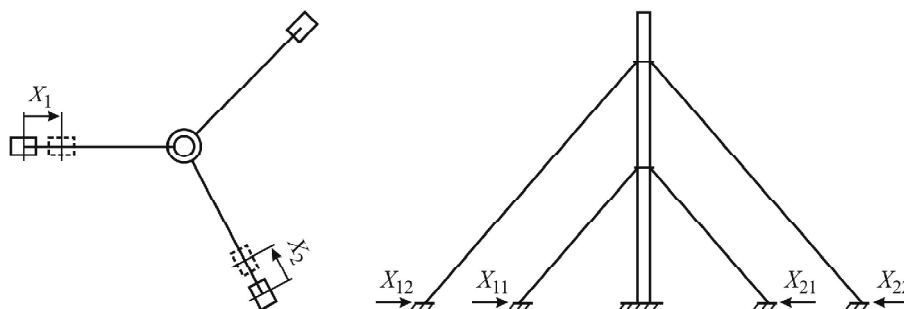


Рисунок 2. Обозначение смещений анкерных фундаментов (первый индекс – направление смещения, второй индекс – уровень оттяжек).

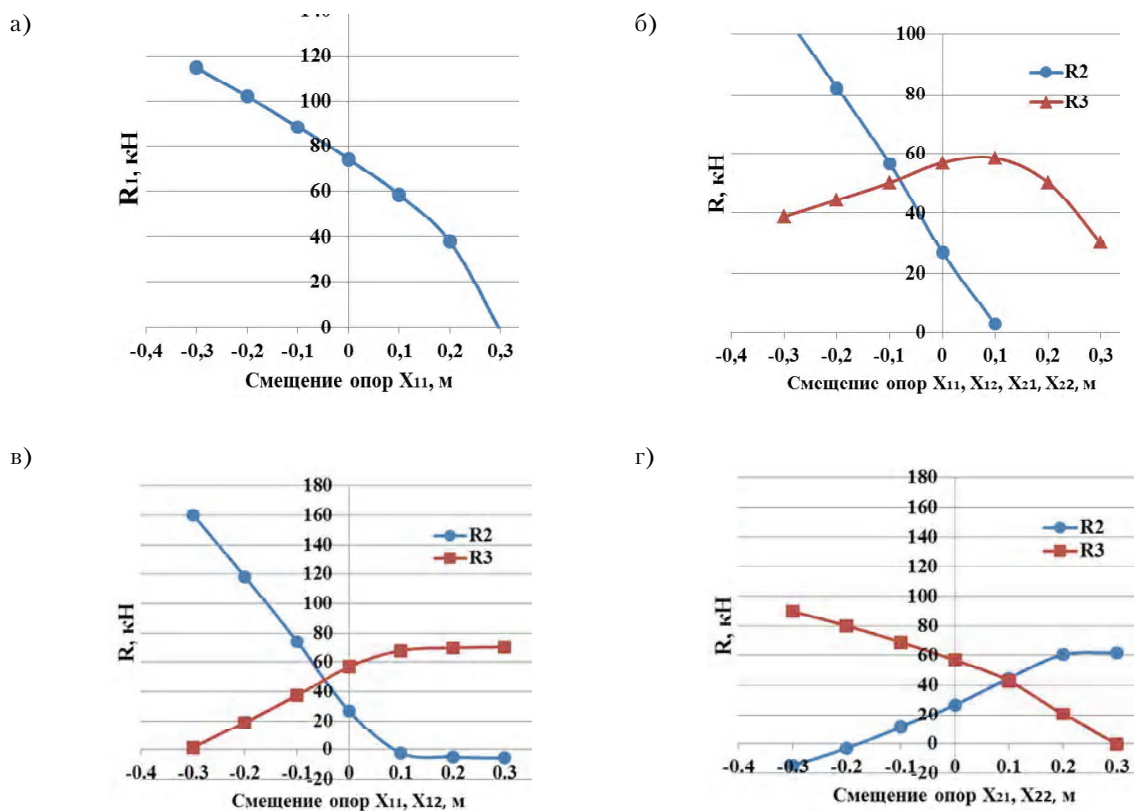


Рисунок 3. Влияние смещения фундаментов оттяжек на реакции опор для дымовой трубы 75 м: а) смещение фундаментов оттяжек X_{11} , один уровень оттяжек; б) смещение фундаментов оттяжек $X_{11}, X_{12}, X_{21}, X_{22}$, два уровня оттяжек; в) смещение фундаментов оттяжек X_{11}, X_{12} , два уровня оттяжек; г) смещение фундаментов оттяжек X_{21}, X_{22} , два уровня оттяжек.

деление опорных реакций (удерживающих сил) (рис. 3б). Одновременное перемещение всех фундаментов в большей степени влияет на реакцию нижней оттяжки дымовой трубы с двумя уровнями оттяжек. При перемещении

на 0,1 м в положительном направлении реакция нижней оттяжки R_2 снижается в 2,5 раза. Для нижней оттяжки кривая имеет отчетливо линейный вид на данном участке, при увеличении угла наклона оттяжки к вертикали опорная

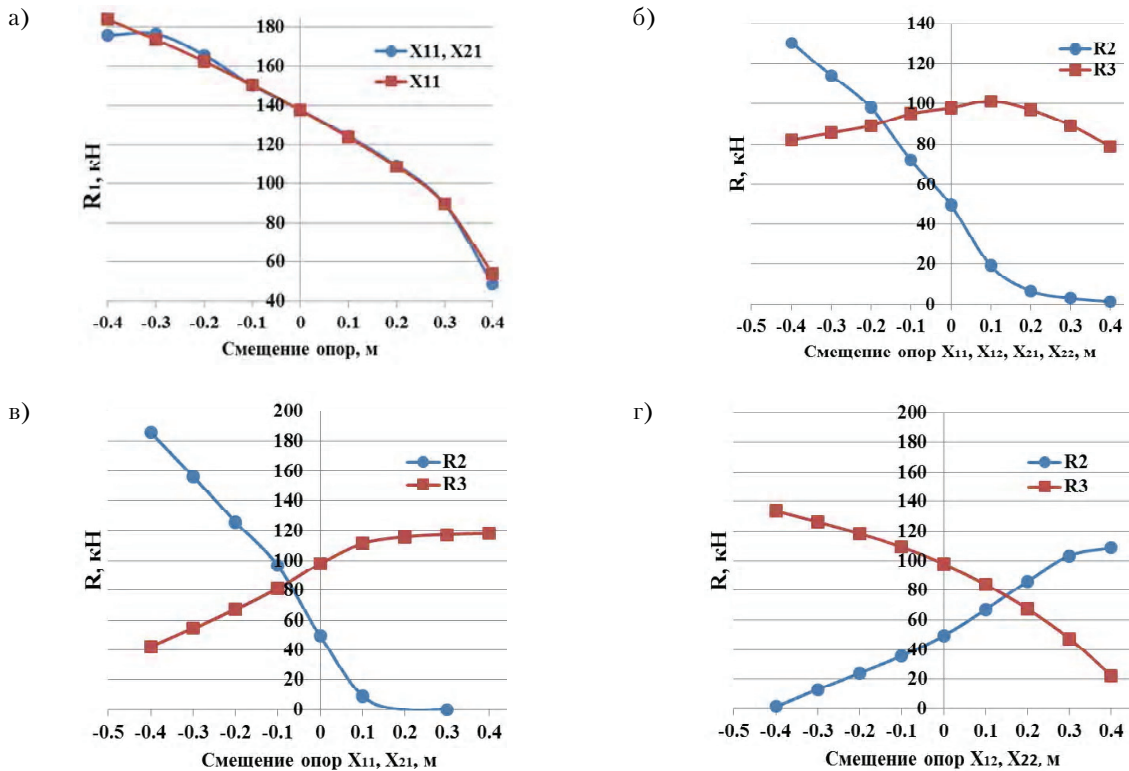


Рисунок 4. Влияние смещения фундаментов оттяжек на реакции опор для дымовой трубы 100 м: а) смещение фундаментов оттяжек X_{11}, X_{21} , один уровень оттяжек; б) смещение фундаментов оттяжек $X_{11}, X_{12}, X_{21}, X_{22}$, два уровня оттяжек; в) смещение фундаментов оттяжек X_{11}, X_{21} , два уровня оттяжек; г) смещение фундаментов оттяжек X_{21}, X_{22} , два уровня оттяжек.

реакция возрастает. Для верхней оттяжки при увеличении угла наклона оттяжки к вертикали опорная реакция узла снижается. При перемещениях от 0,1 до 0,3 м кривые имеют практически прямолинейные участки, где реакции не изменяются.

Наибольшие изменения реакций наблюдаются при перемещениях фундаментов в направлении действия ветровой нагрузки X_{11}, X_{12} (рис. 3в). При этом максимальная реакция нижней опоры R_2 на 46 % выше, чем при одновременном перемещении всех фундаментов оттяжек $X_{11}, X_{12}, X_{21}, X_{22}$. При перемещениях от 0,1 до 0,3 м также наблюдаются прямолинейные участки кривых без изменения опорных реакций. На участке перемещений от $-0,3$ до 0,1 м реакция изменяется линейно.

При перемещениях фундаментов под углом 120° к направлению действия нагрузки (направление 2) характер распределения усилий,

воспринимаемых опорами, меняется (рис. 3г). При увеличении угла наклона оттяжек к вертикали наблюдается увеличение реакции верхней опоры. Соответствующие максимальные опорные реакции системы на 65 % ниже, чем при перемещении фундаментов в направлении действия ветровой нагрузки. Кривые имеют отчетливый линейный характер без горизонтальных участков.

При одновременном перемещении фундаментов всех оттяжек имеет место значительное увеличение реакции нижней опоры R_2 , линия изменения реакции верхней опоры R_3 имеет отчетливо горизонтальный вид (рис. 4б). Полученные кривые имеют линейный характер.

При перемещениях фундаментов нижнего яруса в двух направлениях (рис. 4в) характер изменения реакции нижней опоры остается прежним, а реакция верхней опоры получает

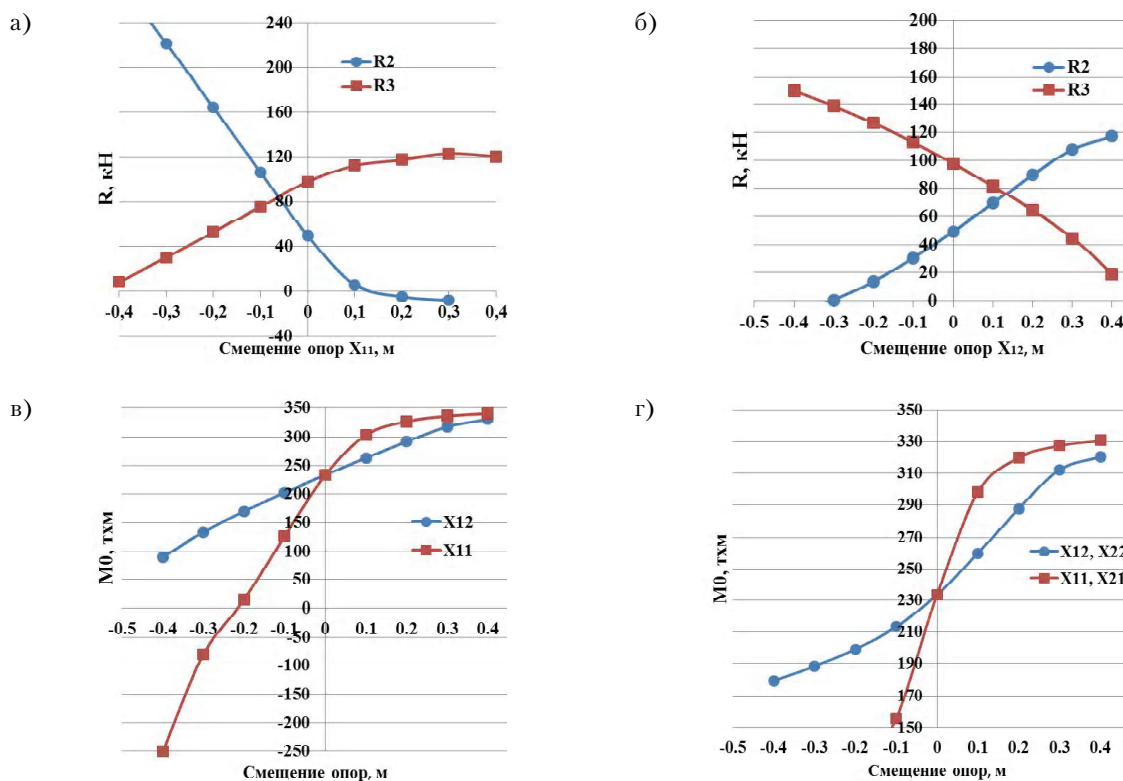


Рисунок 5. Влияние смещения фундаментов оттяжек на реакции опор и изгибающий момент в основании для дымовой трубы 100 м с двумя уровнями оттяжек: а) влияние смещения фундамента оттяжки X_{12} на реакции опор; б) влияние смещения фундамента оттяжек X_{21} на реакции опор; в) влияние смещения фундамента оттяжек X_{11} , X_{12} на изгибающий момент; г) влияние смещения фундамента оттяжек X_{11} - X_{22} на изгибающий момент.

вид возрастающей кривой. Реакции нижней R_2 и верхней R_3 опор являются обратно пропорциональными.

Перемещения фундаментов верхнего яруса в двух направлениях приводят к меньшему увеличению реакций опор (рис. 4г): реакция верхнего яруса R_3 на 46 % меньше, реакция нижнего яруса R_2 на 9 % меньше. Таким образом, более влияющим является смещение положения нижних фундаментов. При перемещениях нижнего анкерного фундамента в направлении действия ветра X_{11} максимальное изменение реакции наблюдается на нижней опоре R_2 . Кривая для реакции верхней опоры имеет практически горизонтальный вид (рис. 5а).

При перемещениях анкерного фундамента верхней оттяжки в направлении действия ветра X_{12} максимальное изменение реакции наблюдается на верхней опоре R_3 . Таким образом, при изменении вида перемещаемых фундамен-

тов изменяется вклад реакции опор. При перемещении фундамента верхней оттяжки кривые реакций получают ярко выраженный возрастающий и убывающий характер (рис. 5б).

Дымовые трубы на оттяжках являются более чувствительными к перемещениям фундаментов нижнего яруса оттяжек (рис. 5в, 5г). На интервале варьирования перемещений от -0,4 до 0,4 м изгибающий момент в основании трубы изменяется от положительных до отрицательных значений. При отрицательных перемещениях оттяжек первого уровня изгибающий момент в заделке меняет знак с плюса на минус. При этом эпюра изгибающих моментов в стволе становится нерациональной. При перемещениях фундаментов отдельных оттяжек X_{11} или X_{12} происходит большее увеличение изгибающих моментов, чем при одновременных перемещениях фундаментов двух оттяжек одного направления.

Заключение

По результатам выполненных исследований влияния смещений анкерных фундаментов оттяжек на напряженно-деформированное состояние промышленных металлических дымовых труб можно сделать следующие выводы:

1. Значительное влияние на усилия в стволе трубы оказывает смещение нижнего уровня оттяжек в дымовых трубах с двумя уровнями их расположения. Смещения фундаментов на 5 см приводит к увеличению моментов в основании трубы на 20 %. Одновременное смещение опор верхнего и нижнего уровней оказывает меньшее влияние на опорную реакцию и моменты в стволе.
2. Наибольшее влияние на опорную реакцию оказывает смещение одного анкерного фундамента, при смещении до 5 см, опорная реакция в уровне крепления оттяжек снижается в 2 раза. Более существенное влияние имеет смещение фундамента нижней оттяжки.
3. Одной из наиболее существенных расчетных ситуаций является смещение двух фундаментов оттяжек, расположенных в двух уровнях. В этом случае при смещениях 5 см изменение опорной реакции оттяжек составляет 30...50 %.
4. Полученные данные позволяют назначать допускаемые смещения фундаментов путем выполнения расчетов по разработанной ме-

тодике с учетом конкретного уровня действующих усилий в стволе дымовых труб. В качестве оценки влияния смещений для дымовых труб высотой до 100 м из условия изменения моментов в стволе не более, чем на 10 %, можно принять следующие ограничения:

- горизонтальное смещение одного фундамента – не более 20 мм;
 - совместные смещения фундаментов оттяжек, расположенных в двух уровнях – не более 15 мм.
5. Полученные данные следует использовать при выполнении проверочных расчетов дымовых труб, оценке технического состояния, а также путем введения соответствующих поправок к расчетным моментам в стволе и нормальным напряжениям при моделировании процессов износа согласно [16] и реализации стратегий технического обслуживания[3].
 6. Снижение предварительного натяжения оттяжек и удерживающих сил может происходить не только от смещения фундаментов, но вследствие других процессов, таких как вытяжка канатов оттяжек, их коррозионный износ, проскальзывание в скреплениях и деформации элементах в местах крепления оттяжек. Влияние этих процессов на надежность и долговечность дымовых труб подлежит дальнейшему изучению.

Литература

1. Корсун, В. И. О состоянии промышленных дымовых и вентиляционных труб в Украине и мерах по обеспечению их эксплуатационной надежности [Текст] / В. И. Корсун, В. В. Губанов // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2003. Вип. 2003–2(39) : Будівельні конструкції, будівлі та споруди, Том 2. С. 19–22.
2. Губанов, В. В. Забезпечення заданої довговічності металевих промислових споруд [Текст] : автореферат дис. ... д-ра техн. наук / В. В. Губанов; ДонНАБА. – Макіївка, 2013. – 36 с.
3. Qualitative analysis of operational strategy with refurbishment of metalworks of engineering structures [Текст] / Yevhen Gorokhov, Vadim Gubanov, Sergey Pchelnikov, Vladimir Mushchanov // Engineering Structures and Technologies. 2013. 5:3. P. 103–112.

References

1. Korsun, V. I.; Gubanov, V. V. About conditions of industrial chimneys and air pipes in Ukraine and measures to support maintainability. In: *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2003, Issue 2003–2(39): Engineering structures, buildings and constructions, Volume 2, pp. 19–22. (in Russian)
2. Gubanov, V. V.; Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Provision of specified durability of metal industrial high-rise structures: Author's abstract thesis submitted for the Scientific Degree on competition of Doctor of Engineering. Makiyivka, 2013. 36 p. (in Ukrainian)
3. Gorokhov, Yevhen; Gubanov, Vadim; Pchelnikov, Sergey; Mushchanov, Vladimir. Qualitative analysis of operational strategy with refurbishment of metalworks of engineering structures. In: *Engineering Structures and Technologies*, 2013, 5:3, pp. 103–112.

4. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.07-85 ; надано чинності 2007–01–01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 61 с. – (Державні будівельні норми).
5. ДБН В.1.1-5-2000. Будинки та споруди на підробланих територіях і просідаючих ґрунтах. Частина 2. Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах [Текст]. – На заміну СНиП 2.01.09-91 (в частині вимог до проектування на просідаючих ґрунтах), РСН 297-78; РСН 340-86; РСН 232-88; РСН 349-88 ; введ. 2000–07–01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2000. – 84 с.
6. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування [Текст]. – Введено вперше зі скасуванням на території України СНиП 2.02.01-83 ; чинні від 2009–07–01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 107 с.
7. EN 1997. Geotechnical design – Part 1: General rules [Текст]. – Brussels : CEN, 2004. – 168 p.
8. Губанов, В. В. Усиление высотных сооружений путем установки оттяжек [Текст] / В. В. Губанов, А. Н. Гибаленко, Г. Н. Котов // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2003. Вип. 2003–2(39) : Будівельні конструкції, будівлі та споруди, Том 2. С. 93–96.
9. Губанов, В. В. Влияние локальной выпуклости на работу несущей оболочки высотных сооружений [Текст] / В. В. Губанов, А. В. Голиков, А. Н. Кульчицкий // Металлические конструкции. 2011. Том 17, № 3. С. 177–183.
10. Губанов, В. В. Влияние эксцентриситета стыковки царг на НДС оболочек металлических дымовых труб [Текст] / В. В. Губанов, В. Н. Васылев, А. В. Голиков, А. Н. Кульчицкий // Металлические конструкции. 2013. Том 19, № 4. С. 191–202.
11. Губанов, В. В. Особенности и характеристики повреждаемости дымовых труб на оттяжках [Текст] / В. В. Губанов, И. В. Межинская, А. В. Голиков // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2007. Вип. 2007–6(68) : Баштові споруди: матеріали, конструкції, технології. С. 8–12.
12. СНиП 2.09.03-85. Строительные нормы и правила. Сооружения промышленных предприятий [Текст]. – Взамен СНиП II-91-77, СН 302-65, СН 471-75 ; введ. 1987–01–01. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.
13. CICIND Steel Chimneys Manual [Текст] : Commentaries and Appendices. – Zurich : CICIND, 2010. – 70 p.
14. BS EN 199332:2006. Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 3–2: Towers, masts and chimneys – Chimneys [Текст]. – [S. l.] : BSi, 2006. – 34 p. – ISBN 978-0-580-54894-9.
15. Ciesielski, R. Mining subsidence and mining shock influence on chimneys in Upper Silesia / R. Ciesielski, K. Koziol // CICIND Report. 2003. Vol. 19, № 1. P. 35–40.
4. DBN V.1.2-2:2006. National Structural Rules and Regulations. The system of reliability and safety provision of constructional projects. Loads and effects. Kyiv: Ministry of Regional Development Ukraine, 2006. 61 p. (in Ukrainian)
5. DBN V.1.1-5-2000. Buildings and structures on the tampered with land areas and sagging soils. The second part. Buildings and structures on the sagging soils. Kyiv: Ministry of Regional Development Ukraine, 2000. 84 p. (in Ukrainian)
6. DBN V.2.1-10-2009. Foundations of constructions. General principles of designing. Kyiv: Ministry of Regional Development Ukraine, 2009. 107 p. (in Ukrainian)
7. EN 1997. Geotechnical design – Part 1: General rules. Brussels: CEN, 2004. 168 p.
8. Gubanov, V. V.; Gibalenko, A. N.; Kotov, G. N. Reinforcement of high-rise structures with the usage of guys. In: *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2003, Issue 2003–2(39): Engineering structures, buildings and constructions, Volume 2, pp. 93–96. (in Russian)
9. Gubanov, Vadim; Golikov, Alexandr; Kulchitskiy, Artem. Effect of local concavity upon behavior of bearing shell in high-rise works. In: *Metal Constructions*, 2011, Volume 17, Number 3, pp. 177–183. (in Russian)
10. Gubanov, Vadim; Vasylev, Volodymyr; Golikov, Oleksandr; Kulchytskyy, Artem. The influence of eccentricity on the stress-strain state of the metal chimneys shell. In: *Metal Constructions*, 2013, Volume 19, Number 4, pp. 191–202. (in Russian)
11. Gubanov, V. V.; Mezinskaya, I. V.; Golikov, A. V. Features and characteristics of damageability of metal chimney with guys. In: *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2007, Issue 2007–6(68): Towers: building materials, structures, processes, pp. 8–12. (in Russian)
12. SNiP 2.09.03-85. Construction rules and regulations. Industrial engineering works. Moscow: TsITP Gosstroia USSR, 1986. 56 p. (in Russian)
13. CICIND Steel Chimneys Manual: Commentaries and Appendices. Zurich: CICIND, 2010. 70 p.
14. BS EN 199332:2006. Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 3–2: Towers, masts and chimneys – Chimneys. [S. l.]: BSi, 2006. 34 p. ISBN 978-0-580-54894-9.
15. Ciesielski, R.; Koziol, K. Mining subsidence and mining shock influence on chimneys in Upper Silesia. In: *CICIND Report*, 2003, Vol. 19, No. 1, pp. 35–40.
16. Gubanov, V. V.; Pchelnykov, S. B. Mathematic simulation of wear phenomena and operation of industrial structures. In: *Current problems of investigation according structural analysis: Collected works in two parts. The second part*. Moscow: TsPP, 2009, pp. 316–326. (in Russian)

16. Губанов, В. В. Математическое моделирование процессов износа и обслуживания промышленных сооружений [Текст] / В. В. Губанов, С. Б. Пчельников // Актуальные проблемы исследований по теории сооружений : сборник статей в двух частях. Ч. 2 / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М. : ЦПП, 2009. – С. 316–326.

Губанов Вадим Вікторович – доктор технічних наук, професор кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Член міжнародної організації «Інститут цивільних інженерів». Наукові інтереси: теорія обслуговування конструкцій, дійсна робота і технічне діагностування сталевих висотних споруд.

Голиков Олександр Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій, основ і надійності споруд Волгоградського державного архітектурно-будівельного університету. Наукові інтереси: розрахунок і проектування висотних споруд, оцінку стану конструкцій.

Губанов Вадим Викторович – доктор технических наук, профессор кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Член международной организации «Институт гражданских инженеров». Научные интересы: теория обслуживания конструкций, действительная работа и техническая диагностика стальных высотных сооружений.

Голиков Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, оснований и надёжности сооружений Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Научные интересы: расчет и проектирование высотных сооружений, оценка состояния существующих конструкций.

Gubanov Vadim – DSc (Engineering), Professor; Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. A member of the international organization «Institute of Civil Engineer». Scientific interests: theory of structural maintenance, behavior and refurbishment of high-rise steelworks.

Golikov Alexander – PhD (Engineering), Associate Professor; Building Construction, Foundation and Reliability of Structures Department, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Scientific interests: calculation and designing of high-rise constructions, evaluation of existing structures.